



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ANNE-MARI ÄNGESLEVÄ

ELINTARVIKEPAKKAUKSEN LAATU JA KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jurkka Kuusipalo

Tarkastaja ja aihe hyväksytty

Teknisten tieteiden tiedekuntaneuvoston  
kokouksessa 4. syyskuuta 2013

## TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Materiaalitekniikan koulutusohjelma

**ÄNGESLEVÄ, ANNE-MARI:** Elintarvikepakkauksen laatu ja kehittäminen

Diplomityö, 89 sivua, 2 liitesivua

Marraskuu 2013

Pääaine: Paperinjalostus- ja pakkaustekniikka

Työn tarkastaja: professori Jurkka Kuusipalo

Avainsanat: vakuumpakkaaminen, pakkaustrendit

### TIIVISTELMÄ

Pakkauksen ja pakkausprosessin korkea laatu ovat merkittävässä asemassa elintarvikkeen tuoteturvallisuuden ja tuotannon kustannusten hallinnan kannalta. Tässä työssä tutkittiin vakuumpakattujen lihajalostepakkausten laatua ja laadun parantamisen keinoja sekä teknisestä että toiminnallisesta näkökulmasta. Työn tavoitteena oli selvittää syitä pakkausten vuotamiselle sekä esittää toimenpiteet, joiden avulla vuotavien pakkausten määrää ja siten tuotehävikin aiheuttamia kustannuksia voidaan vähentää.

Pakkausten laadun tutkimusmenetelmänä oli vuotavien pakkausten keruu ja vikasyyn selvittäminen visuaalisella tarkastelulla ja tarvittaessa ylipainetestauksella. Merkittävin tekninen syy pakkausten vuotamiselle oli vekki pakkauksen saumassa. Toiminnallisista syistä merkittäviä olivat tuote tai reunanauha sauman välissä. Toiminnallisten seikkojen parantamiseksi ja teknisten syiden nopeampaa havaitsemista tukemaan koostettiin laadunvalvonnan tietopaketti. Kooste esittää merkittävimmät pakkausten vuotamista aiheuttavat syyt lyhyin tekstein ja selkein kuvin. Tietopaketti soveltuu osaksi työntekijöiden koulutusta ja perehdytystä. Tutkimuksen mukaan vuotavien pakkausten osuus tuotannosta oli esimerkkipakkauslinjasta riippuen 0,31–0,46 prosenttia.

Kuluttajat vaativat pakkauksilta korkean laadun lisäksi ympäristöystävällisyyttä ja kierrätettävyyttä sekä käytettävyyttä parantavia ja helpottavia ominaisuuksia. Jatkuva pakkaustrendien seuraaminen ja uudistuminen ovat edellytyksiä korkeasti kilpailluilla markkinoilla menestymiseen. Tämän työn toisena tavoitteena oli löytää mielenkiintoisia, lihajalosteiden pakkaamiseen soveltuvia pakkaustrendejä maailmalta.

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Materials Science

**ÄNGESLEVÄ, ANNE-MARI:** Quality and Development of Food packaging

Master of Science Thesis, 89 pages, 2 Appendix pages

November 2013

Major: Paper Converting and Packaging technology

Examiner: Professor Jurkka Kuusipalo

Keywords: Vacuum packaging, packaging trends

## ABSTRACT

High quality of food packages, packaging process and technology are a significant part of product safety and production cost control. This thesis examines both technical and operational ways of improving the quality of vacuum packaged cooked meat products. The goal is to clarify reasons for leaking packages and to find ways to decrease the amount of air leaked packages and consequently also the ways to decrease production costs.

Research methods for package quality evaluation were collecting the air leaked packages, regard based evaluation and excess pressure testing. The Major technical reasons for leaking packages were wrinkles in a sealing area. The most common operational reasons for air leaking package forming were product based or packaging material based parts in between of sealable material layers. Informative leaflet was made to report and clarify the main reasons for air leaking packages. The information leaflet assists in being able to develop the operational functions and shorten the time of identifying technical reasons. The information leaflet is appropriate being as a part of employee education and introductions. According to research the quantities of air leaked packages at the example packaging lines were between 0,31 and 0,46 percents.

Among high quality consumers require the packages to be more sustainable and recyclable as well as they expect higher convenience and new features for easier usage. Continuous following of the world packaging trends and being continuously renewing are an asset in being successful in highly competed markets. The other purpose of this thesis was to find innovative and interesting packaging trends all over the world.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty materiaalitekniikan laitokselle yhteistyössä paperinjalostus- ja pakkaustekniikan yksikön sekä elintarvikkeita pakkaavan yrityksen kanssa.

Haluan kiittää professori Jurkka Kuusipaloa ja assistentti Sanna-Maarit Auvista mielenkiintoisesta aiheesta ja kaikesta avusta ja tuesta sekä diplomityön että opintojen aikana. Kiitokset myös elintarvikepakkaamon välle sujuvasta yhteistyöstä ja kaikesta avusta työn tekemisen aikana.

Tampereella 3.10.2013

Anne-Mari Ängeslevä

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 RUOKAMAKKARAT .....	3
2.1 Keittomakkaroiden valmistus.....	4
2.2 Keittomakkaroiden säilyvyys.....	5
3 KEITTOMAKKAROIDEN PAKKAAMINEN .....	7
3.1 Polymeerit pakkausmateriaalina .....	8
3.1.1 PE / PE PEEL / PE HFP .....	9
3.1.2 PA / BOPA.....	10
3.1.3 EVOH.....	10
3.1.4 PP / OPP .....	11
3.1.5 PET / APET / CPET.....	11
3.2 Vakuumpakkaaminen.....	12
3.3 Thermoform-fill-seal.....	12
4 PAKKAUSTEN LAATU.....	16
4.1 Lämpömuovauksen vaikutus pakkauksen materiaaliin.....	16
4.2 Tiiviys .....	16
4.3 Tiiviyden testaus ja vuodonetsintä .....	17
4.3.1 Kuplatesti (ylipainetestaus).....	18
4.3.2 Vetyanalysaattori H2000.....	18
4.4 Pakkausvirheet .....	19
4.5 TFFS-menetelmän troubleshooting.....	20
5 PAKKAUSTRENDIT .....	23
5.1 Tulevaisuuden pakkauskokovalikoima .....	24
5.2 Tulevaisuuden pakkausmateriaalit .....	25
5.2.1 Bio- ja nanopohjaiset pakkausmateriaalit .....	25
5.2.2 Kuitupohjaiset pakkausmateriaalit .....	27
5.3 Funktionaaliset pakkaukset .....	28
5.4 Aktiiviset ja älykkäät pakkaukset.....	29
5.5 Trendit pakkausmenetelmissä .....	30
5.5.1 Innovaatiot saumausmenetelmässä .....	31
5.5.2 Uudet vakuumpakkausmenetelmät .....	32
6 PAKKAUSTUTKIMUS .....	33

6.1 Laadunvalvonta pakkauskonelinjalla .....	33
6.2 Tuotannon aikana tehtävän laadunvalvonnan kehittäminen .....	33
6.3 Ilmapussipakkausten keräys ja pakkausvirheiden tutkinta .....	35
6.4 Pakkausmateriaalien koeajo .....	36
6.5 Koeajojen pakkausmateriaalit .....	36
6.6 Pakkaustrendien kartoitusmenetelmät.....	37
7 PAKKAUSTUTKIMUKSEN TULOKSET .....	38
7.1 Katkoseurannan ja -raportoinnin tulokset linjalla 10 .....	38
7.2 Katkoseurannan ja -raportoinnin tulokset linjalla 20 .....	39
7.3 Ilmapussipakkausten määrä .....	40
7.4 Pakkausvirheet linjalla 10 .....	41
7.5 Pakkausvirheet linjalla 20 .....	43
7.6 Pakkausvirheet muilla pakkauslinjoilla.....	45
7.7 Korjaavat toimenpiteet .....	46
7.7.1 Korjaavat toimenpiteet linjalla 10 .....	47
7.7.2 Korjaavat toimenpiteet linjalla 20 .....	48
7.7.3 Korjaavat toimenpiteet muilla pakkauslinjoilla .....	49
7.7.4 Laadunvalvonnan ohjeistus .....	50
7.8 Koeajo .....	52
8 TULEVAISUUDEN PAKKAUS .....	56
8.1 Uudet pakkausmateriaalit.....	56
8.2 Funktionaaliset pakkaukset .....	60
8.2.1 Helposti avattavat ja uudelleen suljettavat pakkaukset.....	60
8.2.2 Jaettavat pakkaukset.....	65
8.2.3 Pakkaus muodostaa tuotteen .....	66
8.3 Älykkäät pakkaukset .....	70
8.4 Trendit pakkausmenetelmässä .....	73
9 TULOSTEN TARKASTELU .....	75
9.1 Ilmapussipakkaus-case .....	75
9.2 Pakkausmateriaalien koeajo .....	76
9.3 Pakkauskokovalikoima .....	77
9.4 Tulevaisuuden pakkaus .....	78
10 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	81

LÄHTEET .....	83
---------------	----

LIITE 1: KERÄILYMÄÄRIEN VERTAILU

LIITE 2: PAKKAUSVIRHEKOOSTE

# 1 JOHDANTO

Lihavalmisteet ovat jalostettuja lihatuotteita. Lihavalmisteisiin kuuluvat esimerkiksi kestromakkarat, leikkelemakkarat ja ruokamakkarat. Nakit ovat ruokamakkaroiden ryhmään kuuluvia keittomakkaroita, jotka on kypsennetty keittämällä tai kuuman vesihöyryn avulla. Keittomakkaraksi kutsutaan lihavalmisteita, joissa on lihaa ja lihaan verrattavissa olevia valmistusaineita vähintään 45 prosenttia.

Lihavalmisteiden kuluttajapakkaukset ovat tyypillisesti suojakaasu- tai vakuumpakkauksia. Nämä menetelmät pidentävät tuotteen säilyvyyttä ja estävät tuotteen pilaantumista aiheuttavien bakteerien kasvua. Vakuumpakkaaminen on käytetyin pakkausmenetelmä lihavalmisteiden pakkaamisessa. Vakuumoinnissa, eli tyhjiöpakkaamisessa on oleellista löytää optimaaliset asetukset, joilla ilma saadaan poistettua tuotteen ympäriltä tehokkaasti. Myös pakkausmateriaalin on oltava kestävä, jotta se kykenee säilyttämään pakkauksen sisäisen tyhjiön. Vakuumpakkaamisen haasteena onkin vuotavien pakkausten määrän hallinta.

Perinteisten pakkausten laadunhallinnan lisäksi pakkaustrendien seuraaminen ja jatkuva uudistuminen ovat osa pakkausten kehitystyötä elintarvikealan yrityksissä. Kehitystyötä vie eteenpäin muun muassa kuluttajien yhä kasvava kiinnostus ympäristöystävällisempiin ja monikäyttöisempiin pakkauksiin.

Pakkausmenetelmät ja -materiaalit elintarvikepakkaamisessa kehittyvät jatkuvasti. Lihatuotteiden ja niiden pakkausten laadulle, hyllyiälle, ympäristöystävällisyydelle, tuoteturvallisuudelle ja käytännön ominaisuuksille asetetaan sekä vähittäismyynnin, että kuluttajien taholta yhä kasvavia vaatimuksia. Jotta yritys kykenee säilyttämään kilpailukykyä, on näihin muuttuviin vaatimuksiin kyettävä vastaamaan.

Diplomityön tavoitteena oli koostaa ohjeita elintarvikkeiden pakkaamisen laadunvalvontaan sekä löytää trendejä tulevaisuuden pakkauskehitystä varten. Tutkimuksessa on käsitelty erityisesti lihajalosteita. Pakkaamista ja pakkausten laatuun liittyviä asioita on käsitelty materiaalien, tuotannon ja pakkausmenetelmän näkökulmista.

Työssä on pakkausmenetelmien osalta keskitytty kuluttajapakkausten vakuumpakkaamiseen joustokalvoilla. Pakkausmenetelmän haasteena on tyypillisesti ilmautuneet, eli vuotavat pakkaukset. Työn tavoitteena oli löytää merkittävimmät syyt pakkausten vuotamiselle ja koostaa teknisiä sekä laadunvalvonnan ohjeita virheellisten pakkausten määrän hallitsemiseksi. Tutkimusmenetelmiä olivat vuotavien pakkausten katsetutkimus ja kuplatestit sekä ajoparametrien analysointi.

Osana pakkaustrendien tutkimusta tehtiin koeajot uusilla pakkausmateriaaleilla. Tavoitteena oli löytää vakuumpakkausmenetelmällä pakattujen uusien materiaalien



muovautuvuuden rajat sekä muodostaa tuotantoon mahdollinen pakkaus optimoimalla ajon parametrit. Pakkausmateriaalien koeajon lisäksi tulevaisuuden pakkaus -osiossa on esitetty muita uusia pakkausmateriaaleja, älykkäitä ja funktionaalisia pakkauksia sekä tutkittu pakkauskokovalikoiman muutoksia viime vuosina.

## 2 RUOKAMAKKARAT

Makkarat ovat lihajalosteita, jotka määritellään Kauppa- ja teollisuusministeriön asetuksen 1996/139 mukaan suoleen tai muuhun päällykseen tehdyksi elintarvikkeeksi, jonka oleellisena valmistusaineena on liha, ja joka koostumukseltaan ja muilta ominaisuuksiltaan täyttää sille asetetut vaatimukset. Makkarat jaetaan asetuksessa kestromakkaroihin, leikkelemakkaroihin ja ruokamakkaroihin. Ruokamakkaroiden ryhmään kuuluvat esimerkiksi keittomakkarat, jotka ovat keittämällä tai kuuman vesihöyryn avulla kypsennettyjä ruokamakkaroita. Asetuksen mukaan keittomakkaraksi saa kutsua lihavalmistetta, jossa on lihaa ja lihaan verrattavissa olevia valmistusaineita vähintään 45 prosenttia. (Finlex, Yli-Hemminki 2010)

Keittomakkaroiden valmistuksessa käytetään sopivassa suhteessa punaista lihaa ja rasvaa. Liian rasvaton liha jättää tuotteen koostumuksen liian kuivaksi ja liian rasvainen liha puolestaan ei pysy koossa valmistusprosessissa. Pääraaka-aineena käytetään tyypillisesti sianlihaa, jossa punaisen lihan ja rasvan osuudet ovat jo valmiiksi oikeassa suhteessa. Muina raaka-aineina valmistuksessa käytetään naudanlihaa, siipikarjanlihaa ja kamaraa. Lihan lisäksi ruokamakkaroihin lisätään vettä, suolaa, fosfaattia, natriumnitriittiä, askorbiiniyhdistettä sekä mausteita ja arominvahventeita. Suola on rakenteen, maun sekä säilyvyyden vuoksi makkaroiden ja nakkien valmistuksen välttämätön osa. Ruokamakkaroiden valmistusaineissa voidaan käyttää lisänä myös proteiiniainvalmisteita ja perunajauhoa. (Ruokatieto Yhdistys ry 2011, Yli-Hemminki 2010)

Nakkimakkarat ovat keittomakkaroita, jotka ovat ohuimpia markkinoilla olevista makkaroista. Nakkimakkarat eli nakit luokitellaan kuorettomiin ja kuorellisiin nakkisiin. Nakkimakkaroiden valmistuksessa käytetään perusmassana hienoksi ajettuja massoja, jotka eivät sisällä selvästi erottuvia lihanpaloja. Nakkimassa ruiskutetaan valmistuksessa tuotteesta riippuen joko luonnonsuoleen tai keinosuoleen. Luonnonsuoli soveltuu syötäväksi savustettuna ja kypsennettynä. Suoli koostuu pääasiassa proteiineista ja käyttäytyy kypsyessään lihan tavoin. Kuorellisten nakkien päällyksenä käytetään tyypillisesti lampaan ohutsuolta. Kuorettomilla nakeilla massa ruiskutetaan selluloosasuoleen, joka on suolen muotoon muokattua selluloosa-asetaattia. Suoli on hengittävää ja se läpäisee savua, joten se soveltuu nakkien päällykseksi hyvin. Kuorettoman nakin pintaan syntyy savustuksessa ja keitossa kiinteä kerros. Selluloosasuoli on myös helppo värjätä elintarvikeväreillä halutun väriseksi. Hyvän kuorittavuus ja näkyvä väri helpottavat kuoren koneellista poistoa ennen pakkaamista. (Lihateollisuusopisto 2010b, s. 13, 15, 29)

## 2.1 Keittomakkaroiden valmistus

Keittomakkaroiden valmistus alkaa raaka-aineena käytettävän lihalajitelman esisuolauksella, jossa lihaan lisätään vettä ja suolaa. Lajitelmaa säilytetään siiloissa kunnes suola on imeytynyt tasaisesti lihan rakenteeseen. Esisekoitteesta analysoidaan rasva-, proteiini- ja vesipitoisuus. Tietojen perusteella järjestelmä laskee optimaalisen reseptin kulloinkin tarjolla olevista lihalajitelmista. Makkaramassa valmistetaan nk. blenderissä, jossa lihalajitelmaan lisätään ja sekoitetaan muut valmistusaineet. Suomessa valmistettavat ruokamakkarat ovat tyypiltään ns. emulsiomakkaroita. Nämä hienojakoiset makkarat valmistetaan kutteroimalla, eli hienontamalla liha ja rasva niin hienojakoiseksi, että vesi sitoutuu pysyvästi rakenteiden sisään. (Yli-Hemminki 2010)

Ruokamakkaramassa annostellaan makkararuiskulla tuotteesta riippuen joko luonnonsuoleen, kuten sian tai lampaansuoleen, tai keinokuoreen, joita taas valmistetaan muun muassa kollageenista, selluloosasta tai muovista. Keinokuori poistetaan tuotteen pinnalta koneellisesti ennen pakkaamista. Kuori vaikuttaa osaltaan myös lopullisen tuotteen ominaisuuksiin, kuten savustettavuuteen ja luonnonsuolinakeilla ”napsahtavuuteen”. Ruiskutuksen jälkeen keittomakkarat nostetaan makkarakepeillä keittokaappiin tai kypsennyslinjalle. (Ruokatieto Yhdistys ry 2011, Yli-Hemminki 2010)

Keitossa tai kypsennyksessä ruokamakkaroita lämmitetään ensin noin 50–60 asteisessa höyryssä. Tarkoituksena on nostaa makkaran lämpötilaa siten, että nitriitin ja myoglobiinin värireaktio ehtii tapahtua. Seuraavaksi on kuivausvaihe, jonka avulla makkaran pinta saadaan muokattua sopivaksi savun tarttumista varten. Ruokamakkarat savustetaan joko luonnonsavulla tai nestesavulla. Savustusta seuraa keitto vesihöyryssä. Kypsennystä jatketaan, kunnes makkaran sisälämpötila on noussut 72–74 Celsius asteeseen. Lämpökäsittely vastaa pastörointia, eli se tappaa tuotteesta elävät patogeeniset mikrobit ja takaa siten ruokamakkaroiden riittävän säilyvyyden (yleensä 21–28 vrk). Kypsytyslämpötilassa lihan proteiinit denaturoituvat ja kiinteytyvät muodostaen tuotteille ominaisen napakan rakenteen. Lämpökäsittely aiheuttaa myös kamaran sisältämän kollageenin liukenemisen gelatiiniksi. (Yli-Hemminki 2010)

Heti kypsennyksen jälkeen makkarat jäähdytetään kylmän vesisuihkun ja kylmäilmapuhalluksen avulla. Tehokkaalla jäähdytyksellä ehkäistään itiöllisten bakteerien lisääntymistä sekä haihtumisesta johtuvaa hävikkiä ja sen aiheuttamaa makkaroiden rypistymistä. Jäähdytyksen ja keinokuoren poistamisen jälkeen valmiit keittomakkarat siirretään kuljettimien avulla pakkauskonelinjalle. (Yli-Hemminki 2010)

## 2.2 Keittomakkaroiden säilyvyys

Elintarvikkeet tarvitsevat pakkaukselta suojaa fysikaalista, biokemiallista ja mikrobiologista pilaantumista vastaan sekä aistinvaraisten muutosten välttämiseksi. Muutoksia pakatun elintarvikkeen maussa, tuoksussa, rakenteessa tai värissä voi tapahtua, mikäli tuote pääsee kosketuksiin pakkauksen ulkopuolella olevan ympäristön kanssa. Aika, lämpötila, kosteus, valo ja kaasut ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat epäsuorasti tuotteen laatuun ja hyllyykään. Suoraan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi mekaaniset vauriot kuljetuksen aikana tai mikrobien pääsy tuotteeseen. (Andersson 2008, s. 2)

Keittomakkarassa olevat mikrobit sekä sisä- että pintaosissa ovat peräisin raaka-aineista, tuotantotiloista, tuotantolaitteista ja tuotannon henkilökunnasta. Lihajalosteiden korkea ravintoainepitoisuus tarjoaa erinomaisen pohjan mikrobien kasvuille. Maitohappobakteerit ovat merkittävien mikrobiologisen pilaantumisen aiheuttajia keittomakkaroissa. Yleisimmät makkaroissa esiintyvät pilaajabakteerilajit ovat *Lactobacillus sake*, *Lactobacillus curvatus* ja *Leuconostoc mesenteroides*. Bakteerit aiheuttavat tuotteen pilaantumisen, joka havaitaan muutoksina tuotteen aistinvaraisissa ominaisuuksissa ja ulkonäössä. Keittomakkaroiden kypsennys vähentää maitohappobakteerien määrää tuotteiden pinnassa ja keiton jälkeen kuori on lähes mikrobivapaa, mutta uudelleen kontaminaatiota tapahtuu prosessissa tuotteen jäähdytyksen ja pakkaamisen aikana. Bakteereja pääsee tuotteeseen uudelleen linjojen, laitteiston ja työntekijöiden kautta sekä pintojen, että ilman välityksellä. (Chen, J. H. et al. 2012, s. 119; Hietanen 1995 s. 27; Korkeala-Björkroth 1997, s. 724–725, 727)

Pakatun keittomakkaran pilaavat maitohappobakteerit kestävät huonosti lämpöä. Tämä tuo mahdollisuuden pakatun keittomakkaran mikrobiologisen laadun parantamiseen. Jälkipastöroinnin avulla voidaan tuhota makkaran pinnalle keiton jälkeen ennen vakuumpakkausta tulleet mikrobit. Vakuumpakatun keittomakkaran jälkipastörointi voidaan tehdä mikropaaloilla, vesikeitolla, edellisten yhdistelmällä tai infrapunakuumennuksella. Tyypillinen menetelmä on tyhjiöpakatun keittomakkaran vesikeittäminen pakkauksessaan. Lämpökäsittely tehdään ylipaineautoklaavissa alle 100 °C:een lämpötilassa. Jälkipastörointi kohottaa makkaran pinnan lämpötilaa sisälämpötilan kohotessa vähemmän. Lämpökäsittelyn jälkeen seuraa nopea jäähdytys ja varastointi 2 °C:n lämpötilassa. Jälkipastöroinnilla saavutetaan tuotteelle pidempi säilyvyysaika, mutta se ei kuitenkaan eliminoi mikrobiologista pilaantumista. Jälkipastörointi ei vaikuta keittomakkaran aistinvaraiseen laatuun eikä pakkauksen laatuun. (Hietanen 1995, s. 27, 33)

Pitkä säilyvyysaika on lihajalosteilla toivottu ominaisuus taloudellisista syistä. Merkittävin tekijä säilyvyyden ylläpitämisessä ja bakteerien kasvun hidastamisessa on tuotteen kylmäsäilytys. Vakuumpakkaamisen avulla säilyvyysaikaa voidaan pidentää, kun pakkaamisessa käytetään kalvoja, jotka estävät tehokkaasti hapen läpäisyn. Hapen

pitäminen poissa pakkauksesta on edellytys, jotta aerobisten bakteerien kasvu voidaan estää. (Korkeala–Björkroth 1997, s. 728)

Lihajalosteiden tyypillinen pakkausmenetelmä on vakuumpakkaaminen. Menetelmällä saavutetaan tuotteille keskimäärin 2–4 viikon säilyvyysaika varastointilämpötilan ollessa 5 astetta Celsiusta. Hyvä säilyvyys johtuu pääasiassa pakkauksen sisäisistä hapettomista olosuhteista. Käytännössä pakkauksen sisään jää kuitenkin aina vähän ilmaa, jossa on normaalin ilman tavoin 21 prosentin happipitoisuus. Erityisesti epäsäännöllisen muotoisten tuotteiden pakkauksiin voi jäädä helposti ilmataskuja. Valo ja pakkaukseen jäänyt happi voivat aiheuttaa tuotteeseen harmaita vyöhykkeitä keittomakkaroissa käytetyn lihan väriaineen hapettuessa metmyoglobiiniksi. Varastoinnin aikana pieneliöt kuluttavat pakkauksen sisäistä happea ja samalla hiilidioksidipitoisuus pakkauksen sisällä kasvaa. Vakuumpakkaus kuitenkin hidastaa pilaajabakteerien kasvua ja samalla estää esimerkiksi virrehajujen muodostumista. (Chen J. H. et al. 2012, s. 120; Hietanen 1995, s. 20; Korkeala–Björkroth 1997, s. 724; Lihateollisuusopisto 2010a, s. 16)

Vakuumpakkauksen etuja ovat pitkän hyllyiän lisäksi sen hygieenisuus ja hyvät suojaavuusominaisuudet. Menetelmän haasteena on vakuumin puristuksen aiheuttama nesteen irtoaminen tuotteesta. Tästä syystä vakuumpakkaustekniikoita on kehitetty, ja perinteisen vakuumpakkaamisen rinnalle ovat nousseet esimerkiksi kutistepakkaaminen ja skin-vakuumpakkaaminen. (Chen J. H. et al. 2012, s. 120; Lihateollisuusopisto 2010a, s. 16)

### 3 KEITTOMAKKAROIDEN PAKKAAMINEN

Elintarvikepakkauksen tarkoitus on yleisen määritelmän mukaan suojata tuotetta likaantumiselta, fyysisiltä vaurioilta, mikrobien saastutukselta, hapen vaikutuksilta, kosteuden siirtymiseltä ja vierailta hajuilta sen kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Pakkauksen tulee esitellä tuote sekä antaa siitä riittävät tiedot kuluttajalle. Pakkauksen tulee täyttää nämä tehtävänsä muuttumattomana aina kuluttajan käyttöön asti ja olla lisäksi kustannuksiltaan edullinen. Elintarvikkeen ominaisuudet määräävät lisäksi tarkemmin tuotteen pakkaukselta vaadittavat barrier-ominaisuudet. (Brody 2007, s. 1; Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 51; Kerry 2011, s. 668, 674)

Lihajalosteet ovat helposti pilaantuvia, kylmäsäilytyksen vaativia elintarvikkeita. Suurin osa lihajalosteiden kokonaisvolyymista Suomessa myydään kaupan hyllystä kuluttajapakkauksina, joiden pakkausmateriaalin ja -menetelmän valinnalla on tärkeä rooli tuotteen säilyvyyden ylläpitämisessä. Ruokamakkaroiden kuluttajapakkauksissa käytettyjä pakkausmenetelmiä ovat tyhjiöpakkaaminen ja suojakaasupakkaaminen. Osa mikrobeista kykenee lisääntymään lihavalmisteissa myös kylmissä olosuhteissa. Monet mikrobit tarvitsevat kuitenkin kasvaakseen happea, eivätkä siten kykene lisääntymään hapettomissa olosuhteissa. Tässä työssä esitetyllä tyhjiö- eli vakuumpakkaamisella lihalle ja lihajaloille saavutetaan hapettomat olosuhteet ja siten selvästi esimerkiksi käärepakkausta pidempi hyllyikä. (Yli-Hemminki 2010b)

Oikean pakkausmateriaalin valinnassa tulee huomioida tuotekohtaiset tekniset ja myynnilliset vaatimukset. Teknisestä näkökulmasta materiaalilta vaaditaan yhteensopivuutta käytössä oleviin pakkauskoneisiin, joustavuutta, kestävyyttä ja lujuutta. Tuotteen määräämiä barrierominaisuuksia keittomakkaroille ovat happi-, vesi-, öljy- ja rasvabarrier. Myös puhkaisulujuus, materiaalin pinnan painatusominaisuudet ja matala hinta ovat vaadittuja ominaisuuksia. Materiaalivalinnoissa tulee huomioida myös elintarviketta sisältävän pakkauksen erilaiset mahdolliset ääriolosuhteet, kuten tuotteen pakastaminen pakkauksessaan. Pakkauksen suojausominaisuuksien on säilyttävä myös näissä olosuhteissa. (Brody 2007, s. 1; Kerry 2011, s. 669)

Vakuumiin pakattujen lihajalosteiden teknisinä vaatimuksina pakkausmateriaalille on lisäksi happitiiveys ja tiivis saumautuvuus. Hapen pääsy pakkaukseen voi pieninäkin pitoisuuksina aiheuttaa mikrobien kasvua ja siten väri- ja makuvirheitä tuotteeseen. Tyhjiöpakatun lihajalosteiden säilyvyysaika on säilytyslämpötilasta ja pakkauksen kaasunläpäisevyydestä riippuen 2-3 viikkoa. Lihajalosteiden tyhjiöpakkaamisessa pakkausmateriaalien kaasunläpäisevyyden vaatimukset vastaavat lihan pakkaamisen vaatimuksia. (Järvi-Kääriäinen–Ollila, s. 53, 58)

Myynnin ja markkinoinnin näkökulmasta pakkausmateriaalin tulee olla edullinen, välittää tietoa ja täyttää ympäristön vaatimukset. Tuotteen myyminen on yksi pakkauksen tärkeimmistä tehtävistä. Tutkimuksissa on todettu, että pakkaus, joka ei kiinnitä ostajan huomiota, jää kaupan hyllyyn. Pakkauksen hyvin suunnitellut ja

huomion kiinnittävät ulkoiset ja graafiset ominaisuudet ovat siis tuotteen menekin kannalta edellytys. (Kerry 2011, s. 679)

### 3.1 Polymeerit pakkausmateriaalina

Lihavalmisteiden yleisin pakkausmateriaali on muovi. Muovien ominaisuuksien arvioinnissa on tässä työssä näkökulmana niiden soveltuvuus lämpömuovaus- ja tyhjiöpakkausmenetelmään. Pakkausmenetelmässä pakkaus muodostetaan kahdesta ratamuotoisesta kalvosta; lämpömuovattavasta alaradasta ja pakkauksen päälle asetettavasta yläradasta, jotka saumataan yhteen.

Lihavalmisteet sisältävät paljon vettä, joten pakkausmateriaalin vesihöyrytiivisyys on tärkeää, ettei tuotteessa tapahdu painohävikkiä. Vakuumpakkaamiseen käytettävän materiaalin tulee myös olla mahdollisimman kaasutiivis sillä happi ei saa päästä vakuumpakkaukseen. Jotta pakkaus olisi mahdollista sulkea tiiviisti, on muovin oltava myös lämpömuovautuvaa sekä kuumasaumautuvaa. Oikean kalvorakenteen valinta riippuu lämpörasituksen keston lisäksi muodostettavan pakkauksen vetosyvyydestä. Pakkausmateriaalin tulee olla myös mekaanisesti niin kestävä, että pakkaus säilyy ehjänä koko matkan pakkauskoneelta kuluttajalle. (Yli-Hemminki 2010b)

Muovit voidaan jakaa kahteen ryhmään: termoplastisiin eli kestumuoveihin ja kertamuoveihin. Termoplastisissa muoveissa polymeerien rakenne mahdollistaa niiden uudelleen muovaamisen. Ne voivat koostua ketjumaisista, haaroittuneista tai rengasmaisista molekyyleistä. Molekyylit sitoutuvat toisiinsa Van der Waals -voimilla, dipoli-dipolisidoksilla tai vetysidoksilla. Polymeerirakenteessa voi olla yhtä tai useampaa monomeeria. Jos rakenteessa on vain yhtä monomeeria, sitä kutsutaan homopolymeeriksi. Jos rakenteessa on vähintään kahta erilaista molekyyliä, sitä sanotaan kopolymeeriksi. Polymeerit jaetaan kiteytymisen mukaan osakiteisiin ja amorfisiin laatuihin. Lämpömuovauksessa termoplastinen muovi käyttäytyy viskoelastisesti. (Tuula Höök 2010, s. 1, 6)

Termoplastiset muovit ovat yleisimpiä lihajalosteiden pakkaamisessa käytettyjä materiaalirakenteita. Täyttääkseen pakattavan tuotteen barrier-ominaisuuksien vaatimukset, prosessin tekniset vaatimukset ja valmiille pakkaukselle osoitetut vaatimukset, on pakkausmateriaali tyypillisesti yhdistelmä eri muoveja. Monikerroksisen pakkausmateriaalin termiset ominaisuudet määräytyvät kantavan kerroksen ominaisuuksien ja kerrosten välisen adheesio-ominaisuuden perusteella. (Kerry 2011, s. 682–683; Throne 2008, s. 201)

Pienimolekyylisten aineiden läpäisevyyteen eli materiaalien permeabiliteettiin vaikuttaa muun muassa lämpötilan, ainevahvuuden, kiteisyyden lisäksi polymeerin polaarisuus. Polymeerimateriaalin ja läpäisevän aineen polaarisuus vaikuttaa siten, että polaariset aineet, kuten vesi, läpäisee helpommin polaarisia polymeerimateriaaleja ja vaikeammin

poolittomia. Poolittomilla kaasuilla ja nesteillä, kuten hapella ja typellä, tilanne on päinvastainen. Yleisesti polymeerimateriaalit läpäisevät kaasuja ja vesihöyryjä suhteellisen huonosti. (TTY 2009, s. 89)

Lihajalosteiden vakuumpakkaamisessa pakkausmateriaalilta vaaditaan erityisesti hyviä kaasu- ja kosteusbarrier-ominaisuuksia. Vaikka monilla polymeereillä on hyvä happi- tai vesihöyry-barrier, harvalla on niitä kumpaakin. Poolittomat aineet, kuten polyeteeni ja polypropeeni, estävät hyvin vesihöyryn läpäisyn, mutta ne läpäisevät hyvin happea. Polaarisisilla aineilla, kuten polyamidi ja EVOH, on sen sijaan hyvä happibarrier, mutta sen ominaisuudet heikkenevät nopeasti kosteissa olosuhteissa. (Järvi-Kääriäinen-Ollila 2007, s. 88; Kerry 2011, s. 687)

Tyhjiöpakattavien tuotteiden, kuten ruokamakkarojen pakkauksen yläratana voidaan käyttää kalvoja, joiden ominaisuuksia on parannettu orientoinnilla. Orientointi parantaa polymeerin mekaanisia ominaisuuksia, barrierominaisuuksia ja kalvon kirkkautta. Orientoitumista tapahtuu molekyylien järjestäytyessä, kun muovimassaa venytetään. Molekyylit järjestäytyvät pitkittäin vedon suunnassa, mikä muuttaa erityisesti polymeerin mekaanisia ominaisuuksia huomattavasti. Polymeeriä voidaan orientoida yhteen tai kahteen suuntaan. Alaradan materiaalissa taas ei voida käyttää orientoituja kalvoja, sillä niiden venymä ei ole enää syvävetoa ja muotoilua varten riittävä. Kun tuotteelle on tavoitteena pidempi säilytysaika, lisätään kalvoihin EVOH-kerros. (Järvi-Kääriäinen-Ollila 2007, s. 166–167)

Muovikalvon laatu vaikuttaa myös muodostettavan pakkauksen laatuun ja kestävyysprosessissa ja toimitusketjussa. Tähän laatuun vaikuttavat esimerkiksi kalvon paksuusvaihtelu (kaliiperiheitto), kalvon leveysvaihtelut (mittapysyvyys), pinnan optiset ominaisuudet sekä ekstruusioprosessissa, laminointiprosessissa tai kuljetuksessa mekaanisesti pintaan aiheutuneet jäljet ja muut kalvon viat, kuten geelit ja mikroreiät. Perusymmärrys kalvojen laadusta ja mahdollisista vioista on tarpeen, jotta pakkausprosessissa voidaan tunnistaa vialliset muovikalvorullat ja siten välttää viallisten pakkausten tuotanto. (Throne 2008, s. 210–211)

### 3.1.1 PE / PE PEEL / PE HFP

PE (polyeteeni) on osakiteinen, termoplastinen, pitkäketjuinen homopolymeeri, jota valmistetaan polymeroimalla eteeniä ( $C_2H_4$ ). PE on hyvä kosteusbarrier-materiaali, mutta sen lämmönkesto on alhainen, joten sen tehtävänä kalvomateriaalissa on yleensä toimia vesihöyryn estäjänä ja saumauserroksena. Polyeteenit luokitellaan niiden tiheyden mukaan matalatiheyksisiin polyeteeneihin (LDPE ja LLDPE), keskitiheyksisiin polyeteeneihin (MDPE) ja korkeatiheyksisiin polyeteeneihin (HDPE). (Höök 2010, s. 18; Kerry 2011, s. 683)



LDPE:llä on hyvä kosteus-barrier sekä hyvät kuumasaumautuvuusominaisuudet suhteellisen matalillakin lämpötiloilla. LLDPE:llä on tavalliseen pienitiheyksiseen polyeteeniin verrattuna parempi kemikaalien sekä kylmyyden ja kuumen kesto. LLDPE -kalvolla on myös parempi puhkaisu- ja repäisylujuus. LDPE:n heikkona puolena on sen kaasujenläpäisevyys. HDPE on LDPE:ä parempi rasva- ja kaasu -barrier, mutta sen kuumasaumautuvuusominaisuudet ovat heikkommat. (Evtek)

PEEL ja HFP materiaalin nimessä kuvaavat saumautuvuutta. PEEL tuotteen nimessä kuvaa sen peelautuvuutta, eli aukeavuutta. Pakkausta avatessa sen tulee aueta siten, että kerrokset irtoavat siististi toisistaan repeytymättä. HFP (Hexafluoropropylene) tarkoittaa metalloseeni-PE saumauskerrosta, joka saumautuu hyvin alhaisillakin lämmöillä. Valmistajaa kertoo tämän materiaalikerroksen saumautuvan myös kontaminaation eli epäpuhtaan saumapinnan läpi. (Wipak, Pauli Koivisto 2012)

### 3.1.2 PA / BOPA

PA (polyamidi) on osakiteinen termoplastinen homopolymeeri. Polyamidilla on hyvät mekaaniset ja lämpömuovausominaisuudet. Polyamia käytetään lihatuotteiden pakkaamisessa rakennetta kantavana ja muovautuvana kerroksena. Polyamidilla on lisäksi hyvät happibarrier-ominaisuudet. (Höök 2010, s. 24; Kerry 2011, s. 684)

BOPA tarkoittaa biaksiaalisesti eli kahteen suuntaan orientoitua polyamia. BOPA:lla on korkea lämmönkesto ja hyvä puhkaisulujuus. Materiaalilla on hyvät maku-, haju- ja rasvabarrier-ominaisuudet ja se soveltuu myös painopinnaksi. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 88; Kerry 2011, s. 684)

Polyamidikerros on monikerrosrakenteissa yleensä pakkausmateriaalin uloimpana kerroksena sen hyvien mekaanisten ominaisuuksien vuoksi. Polyamia käytetään usein yhdessä esimerkiksi polyeteenin kanssa, jolloin PE toimii rakenteen saumautuvana kerroksena ja parantaa rakenteen kosteuden kestoa. (Kerry 2011, s. 685)

### 3.1.3 EVOH

Kopolymeeri EVOH (etyylivinyylialkoholi) on erinomainen barrier-materiaali rasvalle ja hapelle. EVOH kestää kuitenkin huonosti kosteutta, ja sen hapenläpäisevyys heikkenee kosteuden vaikutuksesta, jollei materiaalia suojata muilla polymeerikerroksilla. EVOH yhdistetäänkin usein koekstruusiolla muiden kalvokerrosten, kuten polypropeenin ja polyeteenin väliin, jotka suojaavat kerrosta kosteudelta. (Kerry 2011, s. 684)

### 3.1.4 PP / OPP

PP (polypropeeni) on monipuolinen, termoplastinen homopolymeeri, jolla on laadusta riippuen sekä osakiteisiä, että amorfisia muotoja. Polypropeenin korkean sulamispisteen ansiosta se soveltuu hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan hyvää lämmönkestävyyttä. PP on kemiallisesti inertti ja sillä on hyvät vesihöyry- ja rasvabarrier-ominaisuudet. PP soveltuu kuumasaumaukseen ja on hyvä painopinta. (Höök 2010, s. 22; Kerry 2011, s. 683)

OPP:lla tarkoitetaan orientoitua polypropeenia. Kalvon orientoinnilla voidaan parantaa muun muassa sen mekaanisia ominaisuuksia. OPP:a käytetään lämpömuovauksessa yleisesti sen vetolujuuden, jäykkyyden ja kemiallisen keston vuoksi. OPP ja PP säilyttävät lämpömuovauksessa hyvin kestonsa myös ohenevilla reuna- ja kulma-alueilla. (Kerry 2011, s. 683)

### 3.1.5 PET / APET / CPET

PET eli polyeteenitereftalaatti on termoplastinen kopolymeeri, joka valmistetaan eteenistä ja tereftalaattihaposta. Polyeteenitereftalaattia on kahta muotoa, joista toinen on osakiteinen (CPET) ja toinen amorfinen muoto (APET). (Höök 2010, s. 27; Kerry 2011, s. 685; Throne 2008, s. 180)

Amorfinen polyeteenitereftalaatti valmistetaan jäähdyttämällä ekstruuderilla ajettu rata nopeasti huoneenlämpöön. APET:lla on hyvät lujuusominaisuudet, se on sitkeä ja lasinkirkas materiaali. APET soveltuu hyvin lämpömuovaukseen, mutta esilämmityksen lämpötilaa on varottava nostamasta liian korkeaksi, sillä APET alkaa kiteytyä lämmön vaikutuksesta. Amorfisen PET:n tyypillisiä käyttökohteita ovat juomapullot ja läpinäkyvät elintarvikepakkaukset. (Throne 2008, s.181, TTY 2009, s. 23)

Pitkän lämpörasituksen aikana amorfinen PET saattaa kiteytyä eli muuttua vaaleaksi, osakiteiseksi PET:ksi. CPET on jäykkä ja lämmönkestävä muovi. CPET:a seostetaan tavallisesti muihin kestopuoveihin lämmönkeston parantamiseksi ja pinnan laadun parantamiseksi painatusta varten. Siitä valmistetaan myös lämmönkestäviä pakkauksia. (TTY 2009, s.23)

PET-materiaaleilla on hyvät barrier-ominaisuudet hapelle ja kosteudelle. Polyeteenitereftalaatin lämmönkesto on lisäksi muihin polymeereihin verrattuna erittäin hyvä ja orientoituna materiaalille saavutetaan myös hyvä mekaaninen lujuus. Kun PET-pinnalle laminoidaan PE-kerros, saadaan tuotteelle lisäksi saumautuva pinta. (Höök 2010, s.27; Kerry 2011, s. 685)

## 3.2 Vakuumpakkaaminen

Vakuumpakkaaminen on yksinkertaisin keino muuttaa pakkauksen sisäistä atmosfääriä. Vakuumi- eli tyhjiöpakkaamisella tarkoitetaan menetelmää, jossa pakkauksesta poistetaan ilma ennen saumaustapahtumaa. Pakkauksen sisäinen paine laskee vakumoinnissa lähelle nollaa millibaaria, jolloin pakkausmateriaali täyttää kaikki tuotteen pinnan epätasaisuudet ja asettuu tiiviisti tuotteen tai tuoteannoksen pintaan. Aivan kaikkea happea ei kuitenkaan saada pois, sillä happea jää pakkaukseen aina vähän tuotteen sisään ja tuotteiden väliin. Tuotteen säilytyksen aikana happea kulkeutuu pakkaukseen aina hieman myös materiaalin läpi. (Kerry 2011, s. 687, 699)

Vakumointi pidentää tuotteen säilyvyyttä ja estää pilaantumista aiheuttavien bakteerien kasvun, sillä pakkauksen sisäpuolella on lähes hapettomat olosuhteet. Ilman tyhjeneminen pakkauksesta tulee tapahtua tehokkaasti, jotta vältytään myös jäännöshapen aiheuttamalta tuotteen värimuutoksilta. Tuotelaadun kannalta on oleellista löytää optimaaliset asetukset, joilla saadaan ilma poistettua tuotteen ympäriltä kohdistamatta tuotteeseen kuitenkaan liian kovaa puristusta. Tarpeettoman kova puristus lisää muun muassa tuotteesta säilytyksen aikana irtoavan nesteen määrää. (Kerry–Kerry–Ledward 2002, Yli-Hemminki 2010)

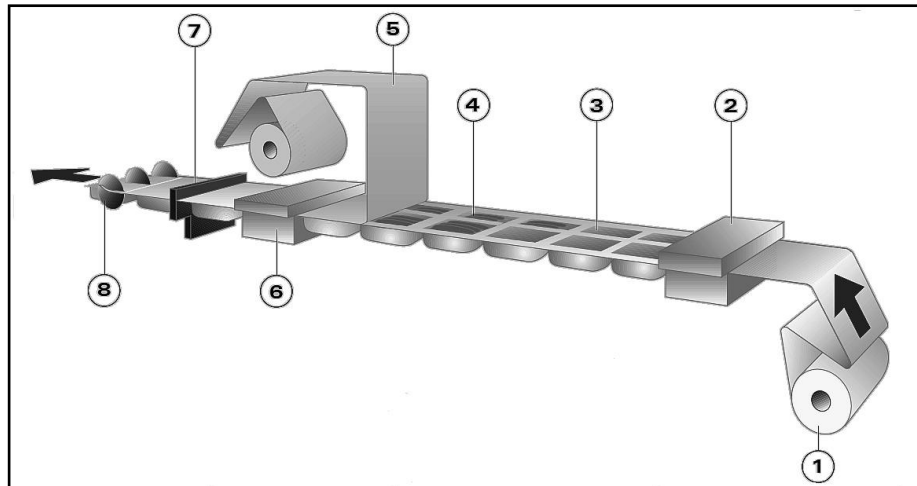
Vakuumpakkaamisessa pakkausmateriaalin valinta on avainasemassa. Jotta vakuumi voidaan saavuttaa ja säilyttää, vaaditaan materiaalilta jo aiemmin mainittuja korkeita kaasu- ja kosteusbarrier-ominaisuuksia sekä mekaanista lujuutta. Täydellinen kuumasaumautuvuus on vakuumin säilymisen edellytys, sillä ilmaa ei saa päästä pakkaukseen sisään ennen kuin se avataan käyttöä varten. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 58; Kerry 2011, s. 687; Ruokatieto Yhdistys ry 2011)

Vakuumpakkaaminen on tutkimusten mukaan yksi yleisimpiä menetelmiä lihan ja lihajalosteiden pakkaamisessa. Viidessä eri Euroopan maassa tehdyn tutkimuksen mukaan vakuumpakkaaminen oli myös kuluttajien keskuudessa tunnetuin pakkausmenetelmä. Samassa kuluttajatutkimuksessa todettiin vakuumpakkaamisen olevan selvästi kuluttajien keskuudessa eniten hyväksytty pakkaustapa. Toiseksi parhaana pakkausmenetelmänä kuluttajat pitivät suojakaasupakkaamista. (Wezemaël et al. 2011)

## 3.3 Thermoform-fill-seal

TFFS eli thermofom-fill-seal on pakkausmenetelmä, jossa ratamuotoinen muovimateriaali syvävedetään ja muovataan rasiaksi lämmön, paineen ja jäähdytetyn muotin avulla. TFFS-menetelmää kutsutaan myös syvävetomenetelmäksi. Pakkausmenetelmä voidaan jakaa jousto- ja kovakalvojen menetelmiin, joista tässä työssä on käsitelty pääasiassa joustokalvoja. Menetelmää käytetään sekä vakuumi- että

suojakaasupakkaamisessa. TFFS-vakuumpakkausmenetelmässä prosessiin kuuluvat lämpömuovauksen lisäksi myös aihion täyttö tuotteella, pakkauksen vakumointi ja kuumasaumaus. Prosessin vaiheet on esitetty kuvassa 1 ja kuvattu tarkemmin tässä kappaleessa. (Throne 2002, s. 222–224)



**Kuva 1.** TFFS- pakkauskonelinja. (Multivac)

- 1 Alakalvon aukirullaus
  - 2 Alakalvon lämpömuovaus kupeiksi
  - 3-4 Kuppien täyttö
  - 5 Yläkalvo
  - 6 Vakumointi ja saumaus
  - 7 ja 8 Pakkausten leikkaus radasta kone- ja poikkisuuntaan
- (Multivac)

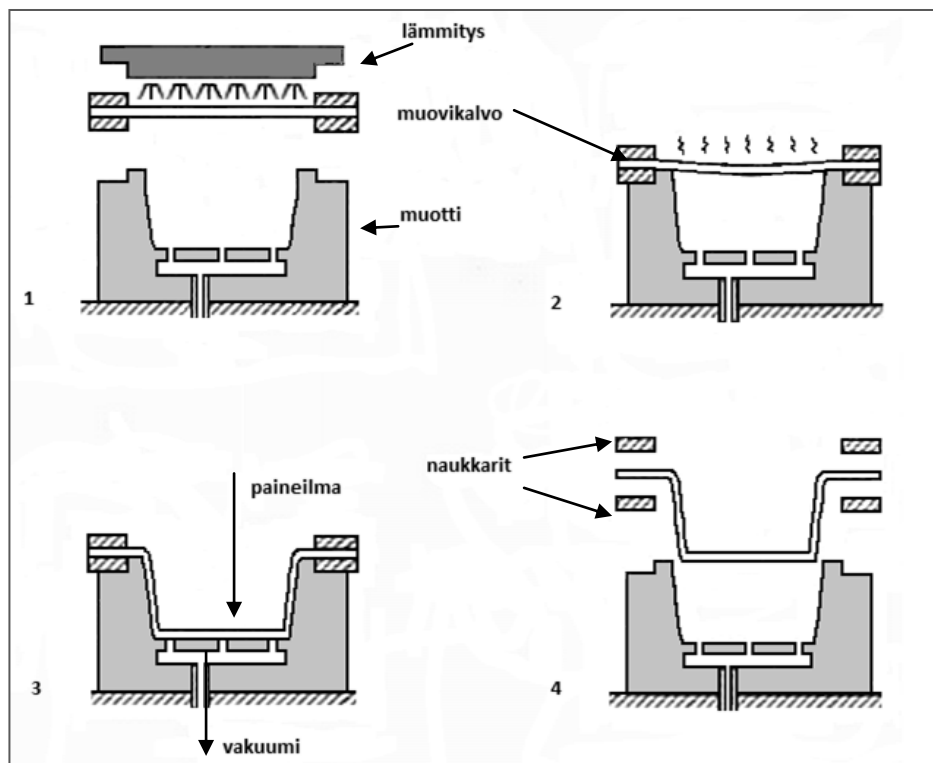
TFFS-prosessi alkaa ratamuotoisen muovikalvon aukirullauksesta, jonka jälkeen rata kiinnittyy linjan reunoissa oleviin nipistimiin, eli nk. hampaisiin. Hampaat ovat osa linjan kalvonkuljetusjärjestelmää ja ne kuljettavat rataa eteenpäin linjan nopeudella. Aukirullauksen jälkeen kalvonkuljetusjärjestelmä vie alakalvon muovaustyökaluun ja työkalu sulkeutuu. (Multivac käyttöohje, s. 23)

Muovikalvon muotoilu edellyttää kalvon lämmittämistä tiettyyn lämpötilaan. Lämmityslevy lämmittää radan juuri sen sulamispisteen alapuolelle, jolloin rata pehmenee ja muovin rakenne muuttuu helpommin muovattavaksi. Tasainen lämmitys on tärkeää, jotta polymeerinen rata venyy muovauksessa mahdollisimman tasaisesti. (Multivac käyttöohje, s. 24; Throne 2002, s. 226)

Kun rata on saatettu muovauslämpötilaan, se vedetään tyhjiön ja paineilman avulla jäähdytettyyn muottiin. Kalvoa pidetään muotissa koko muovauksen ajan, jotta kalvo

ehtii jäykistyä jäähdytyksessä. Muotoilun ja jäähdytyksen jälkeen valmis pakkauskuppi nostetaan ylös työkalusta. Kun nostolaitteisto aukeaa, tapahtuu siirtoliike ja alkaa uuden kuppierän muodostaminen. (Multivac käyttöohje, s. 24–25; Throne 2008, s. 11, 198)

Kuvassa 2 on esitetty muovaustapahtuma kohta kohdalta. Kohdassa 1 on kalvon lämmitys ja työkalun osat. Kohdassa 2 on muovaustapahtumaa varten valmis, hieman sulamispisteen yläpuolelle lämmitetty muovikalvo. Kohdassa 3 pehmennyt kalvo on vakuumin avulla syvävedetty muotin pohjalle. Kohdassa 4 muovattu ja jäähdytetty pakkauskuppi on nostettu ylös muotista ja se on valmis täyttöä varten.



**Kuva 2.** Lämpömuovaustapahtuma. (Polymerbooks 2011). Kuvaa muokattu.

Muovaustyökalun jälkeen on linjastolla vapaa alue, eli täyttöalue, jossa tuote annostellaan kuppiin automaattitoimisella latojalla tai käsin asettelemalla. Täytön jälkeen rataa kuljetetaan eteenpäin kunnes se saavuttaa yläkalvon. Yläkalvo asettuu pakkauskupin päälle peittäen tuotteen, jonka jälkeen se siirretään saumaustyökalulle. Työkalu sulkeutuu ja vakumointitapahtuma alkaa, jolloin tyhjiöpumppu imee ilman pois tuotteen ympäriltä, työkalun ylä- ja alaosan välistä. Saumaustapahtumassa pakkauksen ylä- ja alakalvo suljetaan tiiviisti yhteen saumauslevyn paineen ja lämmön avulla. (Multivac käyttöohje, s. 25–27)

Sauman jälkeen pakkaukset muodostavat vielä yhtenäisen nauhan, josta pakkaukset leikataan yksittäisiksi poikittais- ja pitkittäisleikkauksen joustokalvoleikkureiden avulla.

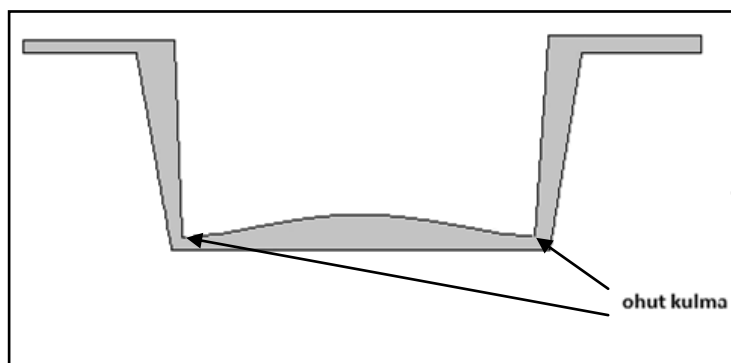
Pitkittäisleikkauksesta syntyvä reunanauha kerätään koneesta riippuen joko mekaanisesti kelalle tai reunanauhaimurin avulla säiliöön. Leikatut, valmiit pakkaukset kuljetetaan poistohihnan avulla ulos koneesta edelleen laatikoitavaksi ja kuljetettavaksi eteenpäin. (Multivac käyttöohje, s. 28–29)

## 4 PAKKAUSTEN LAATU

### 4.1 Lämpömuovauksen vaikutus pakkauksen materiaaliin

Lämpömuovaustapahtuman aikana kalvo antautuu muotin reunoilta ja alkaa venyä paineen vaikutuksesta kohti muotin pohjaa. Vain suoraan muotin pohjaa vasten oleva osa säilyy venymättömänä ja koskiessaan muotin pohjaa, se jäähtyy. Kupin reunaosa sen sijaan ohenee venyessään, jolloin se osa muovikalvosta, joka venytetään lähimmäksi muotin pohjaa reuna-alueella, on profiililtaan valmiissa pakkauksessa ohuin. (Palram support 2012)

Lämpömuovautun kupin seinämällä on lopullisessa tuotteessa kuvan 3 mukainen, epätasainen paksuusprofiili. Ohuimmillaan kalvo on kupin sivuseinämien pohjaosassa ja kulma-alueilla. Mitä syvempi muotti on, sitä enemmän kalvon reuna- ja kulma-alueet ohenevat. Suurempia pakkauksia valmistettaessa vetosyvyys kasvaa ja on siis käytettävä paksumpia kalvoja, kuin pienemmillä pakkauksilla, joilla muotin profiili on matalampi. Liikaa ohetessaan kalvoon voi syntyä reikiä ja sen barrier-ominaisuudet kärsivät. Mikäli kalvon paksuus kulmassa laskee alle 20 mikrometrin, reikien todennäköisyys kasvaa ja esimerkiksi EVOH kerros voi ohentua jo liikaa, ja kalvo menettää osan barrier-ominaisuuksistaan. (Palram support 2012)



**Kuva 3.** Muovikalvon paksuusprofiili ohenee pohjaa kohden. (Palram support 2012).  
Kuvaa muokattu.

### 4.2 Tiiviys

Tiiviyn edellytyksenä on, että pakkaus kykenee vakumoinnin jälkeen pitämään sisällään paine-eron ympäristöönsä nähden. Vuoto syntyy, kun pakkauksen vuotokohdan yli vallitsee paine-ero. Tavallisin vuodon aiheuttaja pakkauksessa on puutteellinen sauma tai muu pakkausvirhe sauman alueella. Pakkausprosessin tai -

materiaalin virheet voivat aiheuttaa esimerkiksi reikiä ja ei-tiiviitä saumakohtia, jolloin kaasut siirtyvät virtaamalla. Virtausliikkeen aiheuttaa pakkauksen sisäpuolen ja ulkopuolen välinen paine-ero, joka johtaa vakuumpakkauksen vuotaessa siihen, että pakkauksen sisäpuolella vallitsee lopulta sama koostumus kuin sitä ympäröivässä ilmassa. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 117–118; Hulkkonen 2007)

Mahdollinen ainevirtaus pakkauskalvon läpi tapahtuu diffuntoitumalla. Liike perustuu osapaine-eroon pakkausseinämän eri puolilla ja siirtymä on erittäin hidasta. Kun esimerkiksi hapen osapaine on pakkauksen ympäristössä suurempi kuin sen sisällä, pyrkii happi osapaineiden tasoittamiseen. Kaasun läpäisevyyteen vaikuttavat kaasumolekyylin koko ja liukenemiskerroin muoviin, sekä polymeerin lämpötila ja kosteus. Pienillä molekyyleillä polymeerikalvon läpäisyn mekanismeista ovat: aineen virtaus mikroleikien ja huokosten läpi, aineen aktiivinen diffuusio ja näiden mekanismien muodostama yhdistelmä. Diffuntoitumista ei kuitenkaan voida pitää merkittävänä ongelmana ruokamakkaroitten pakkausten tiiveydelle. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 118)

Epähomogeenisessa polymeerikalvossa pienet molekyylit pääsevät kulkeutumaan pakkaukseen huokosten ja mikroleikien läpi kapillaarivirtausmekanismilla. Tällöin läpäisevyyteen vaikuttaa molekyylien koko suhteessa mikroleikien ja huokosten kokoon sekä läpi kulkeutuvan aineen viskositeetti. Mikäli mikroleiät ovat koko polymeerikalvon paksuuden ylittäviä, ne heikentävät materiaalin barrier ominaisuuksia merkittävästi. Ongelmalta voidaan välttyä käyttämällä monikerroksisia tai paksumpia kalvoja. Useimmissa polymeereissä mikroleiät häviävät, kun kalvon paksuus on yli 25 mikrometriä. Lämpömuovauksessa kalvo venyy erityisesti kulma-alueilta ohueksi, jolloin 20 mikrometrin raja voi alittua ja reikien todennäköisyys alueella kasvaa. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s.118)

#### 4.3 Tiiviiden testaus ja vuodonetsintä

Vuodonetsinnässä ensimmäinen vaihe on todeta silmämääräisesti, että pakkaus vuotaa. Vakuumitekniikalla pakatuissa pakkausissa tämä havaitaan helposti, kun nähdään, että pakkauksen sisällä on ilmaa ja pakkauskalvo ei asetu tuotteen pintaan tiiviisti täyttäen sen muodot. Silmämääräisellä tutkimuksella tehdään myös vuotokohtien etsintä. Useimmat pakkausvirheet, kuten vekki saumassa, saumaustekninen vika, tuotetta saumassa ja mekaaniset reiät ylä- tai alakalvossa ovat nähtävissä suoraan pakkauksesta. Mitä löysemmäksi pakkaus jää, sitä suuremmaksi voidaan vuotokohta olettaa.

Kun pakkauksen virhettä ei ole suoraan nähtävissä silmämääräisellä tutkimuksella, voidaan vuodonetsinnässä käyttää erilaisia menetelmiä, kuten kuplatestiä tai vetyanalyysointia, joiden avulla vuoto voidaan paikallistaa. Näiden tiiviiden testausmenetelmien avulla havaitaan myös silmämääräisesti virheettömissä pakkausissa, että johtuuko ilmapussin syntyminen pakkausvirheestä vai esimerkiksi



vakumoinnin epäonnistumisesta pakkausprosessissa. Mikäli vakumointi on epäonnistunut esimerkiksi prosessin alhaisen ilmanpaineen vuoksi, voi pakkaus muutoin olla virheetön, mutta sen sisään on jäänyt ilmaa. Ilmaa sisältävä pakkaus hylätään virheellisenä tuotannossa tai keräilyssä aina, riippumatta ilmapussipakkaukseen johtaneesta syystä.

#### 4.3.1 Kuplatesti (ylipainetestaus)

Kuplatestissä vuotava pakkaus koeponnistetaan paineilmalla ja upotetaan veteen, jolloin vuodon seurauksena vesi alkaa kuplia vuotokohdasta. Kuplatesti on erittäin käytetty menetelmä, sillä se on helppo ja edullinen toteuttaa, ja se ilmaisee vuotokohdan täsmällisesti. Kuplatestin heikkoutena on, että menetelmä on melko karkea ja soveltuu siten parhaiten kohtalaisen suurien vuotojen etsintään. Kuplatestiä tehtäessä on varottava käyttämästä pakkaukseen nähden liian suurta painetta. Suuri paine voi aiheuttaa pakkauksen rikkoutumisen paineistuksen aikana, jolloin testi antaa virheellisen tuloksen eikä enää viittaa alkuperäiseen vuodonaiheuttajaan. (Hulkkonen 2007).

#### 4.3.2 Vetyanalysaattori H2000

H2000 on erittäin herkkä vetykaasun ( $H_2$ ) ilmaisim. Se on tarkoitettu vuodon etsintään käyttäen jäljitinkaasuna vetykaasua. Käytettävä seos vastaa tavallista teollisuuskaasua, jossa vety on laimennettu typpeen suhteessa 5 % vetyä ( $H_2$ ) ja 95 % typpeä ( $N_2$ ). Laite koostuu kuvassa 4 näkyvästä anturista sekä näytöllä, näppäimistöllä ja liittimillä varustetusta ilmaisinyksiköstä. (Espoon paineilma Oy, s. 3, 4, 7)



**Kuva 4.** Hydrogen Leak Detector H 2000 vetyanalysaattori. (Industry Search Australia & NZ)

Laitteella on kaksi toimintoa: Ilmaisumalli ja analyysimalli. Ilmaisumalli otetaan käyttöön, kun halutaan paikallistaa vuotokohtia ja analyysimallia silloin, kun halutaan määrittää vetykonsentraatio ilmassa ja näin määrittää vuodon kokoluokka. Kun tarkoituksena on määrittää tapahtuma ”on vuoto” tai ”ei ole vuotoa”, niin käytetään ilmaisumallia. Ilmaisumallissa tulokset ovat näkyvissä näytöllä liikkuvana palkkina sekä kuultavissa audiosignaalin avulla. Äänen taajuus ilmaiseen mitatun signaalin voimakkuutta, eli käyttäjä kuulee nousevan taajuuden kun anturi lähenee vuotoa ja laskevan taajuuden kun anturi loittonee vuotokohdasta. (Espoon paineilma Oy, s. 3, 9, 24, 26)

#### 4.4 Pakkausvirheet

TFFS-pakkausprosessin aikana valmistuneeseen pakkaukseen voi eri syistä syntyä virheitä, jotka johtavat siihen, että pakkaus ei ole enää tiivis ja se pääsee vuotokohdastaan osin täyttymään ympäröivällä ilmalla. Pakkauksen ilmautuminen johtaa sen hylkäämiseen, sillä tuotteen säilyvyysaika lyhenee vakuumin purkaututtua merkittävästi.

Vekki saumassa johtuu ala- tai yläkalvon kohdistusvirheestä, jolloin saumauksen aikana kalvo jää vekiille myös lopulliseen tuotteeseen. Virhe muodostaa sauma-alueelle käytävän, josta ilma pääsee kulkeutumaan pakkaukseen. Alaradasta muodostetun kupin koko voi osaltaan vaikuttaa vekkien syntymiseen. Mikäli kuppi on tuoteannokseen nähden liian matala, saattavat sen reunat jäädä vekiille saumaustapahtumassa alakalvon reunojen venyessä saumauslevyä kohti. Mikäli annoksen kuppi taas on liian suuri tai ladonta kuppiin nähden epätasainen, saattaa liiaksi venytetty osa kalvoa jäädä saumauksessa sauman väliin. Muita syitä vekkien syntymiselle sauma-alueelle on esitetty kappaleessa 4.5, TFFS-menetelmän troubleshooting.

Leikkausvirhe voi aiheuttaa reunan leikkautumisen virheellisestä kohdasta. Mikäli reuna leikkautuu sauma-alueelta, voi sauman tiiviys kärsiä sen jäädessä liian kapeaksi. Joissain tapauksissa leikkauksen virheellinen kohdistus voi leikata sauman jopa kokonaan pois, jolloin pakkaus on toisesta reunastaan täysin avoin. Leikkaavan terän kulumisen tai terän vastakappaleen kulumisen voivat myös suurentaa kitkaa, jolloin terä voi repiä pakkauksen reunaa aiheuttaen kuormitusta ja siten virheitä sauma-alueelle.

Pakkausvirhe ”tuotetta saumassa” tarkoittaa pakattavan tuotteen tai tuoteperäisen nesteen jäämistä sauman väliin saumaustapahtumassa. Se on useimmiten seurausta toiminnallisista syistä, kuten epäonnistuneesta ladonnasta tai asettelusta. Tällöin tuotetta tai sen osia jää saumaustapahtumassa saumautuvien kalvokerrosten väliin, eli tuoteannoksen asettuminen kuppiin ei ole tarkoituksenmukainen. Lisäksi prosessiin saattaa ladontaa pitkin kulkeutua tuotteen ja kuljettimen mukana nestettä, joka pakkauslinjalle päästyään voi joutua kalvon pinnalle ja sitä kautta sauman väliin.

Teknisiä syitä pakkausvirheelle on esitetty kappaleessa 4.5 TFFS-menetelmän troubleshooting.

Toisentyypisen ”tuotetta saumassa” -pakkausvirheen voi aiheuttaa reunanauhan katkeaminen tai keräämisen epäonnistuminen ajon aikana, jolloin reunanauha pääsee kuljettimien mukana linjan kiertoon ja sitä kautta myös saumaukseen. Saumattavien kerrosten väliin jäädessään reunanauha aiheuttaa vakuumin purkautumisen pakkauksesta. Jäädessään kiinni saumauslevyyn reunanauhan pala taas toimii eristeenä, jolloin saumattavien pakkausten tiiviys heikkenee.

Mekaaninen reikä alakalvossa tai yläkalvossa voi johtua joko pakkauskalvorullan vaurioitumisesta jo ennen pakkaustapahtumaa tai valmiin pakkauksen vaurioitumisesta laatikoinnin, varastoinnin, kuljetuksen tai muun käsittelyn aikana. Myös pakkauskoneen sisällä tai telastossa saattaa olla kuluneita osia, jotka pakkaukseen tarttuessaan aiheuttavat mekaanisen reiän syntymisen. Yläkalvoon mekaaninen reikä voi syntyä pakkauksen käsittelyssä, mikäli laatikoinnin robotin tartuntaelimenä käytetty imukuppi on rikkoutunut. Samassa yhteydessä alakalvoon voi syntyä reikä robotin virheellisen kohdistamisen seurauksena, jolloin pakkauksen alakalvon puoli osuu voimalla laatikon reunaan.

Pakkausvirheellä ”alakalvon kulma” tarkoitetaan materiaalin venytyksen ja muovauksen yhteydessä ohentunutta kohtaa, joka tyypillisesti sijaitsee syvävedetyn kupin kulman alueella. Alakalvon ohetessa kulma-alueelta liikaa, voi materiaaliin syntyä reikä ja pakkauksen vakuumi purkautuu. Alakalvon kulman ohenemiseen johtavat syyt on kuvattu kappaleessa 4.1.

Saumaustekninen vika tarkoittaa puutteellista saumausta, jolloin saumakohta ei ole tiivis. Saumauksen epäonnistumiseen voivat johtaa liian alhainen tai korkea saumauslämpötila tai -paine. Lämpötilaeroja saumauslevyn pinnalla saattaa aiheuttaa esimerkiksi saumauslevyn vastuksen rikkoutuminen. Myös esimerkiksi neste, tuoteperäinen materiaali tai roska kalvojen välissä tai saumauslevyn pinnassa voi heikentää sauman tiiviyyttä.

Valtaosa mainituista pakkausvirheistä voidaan havaita jo pakkauslinjalla, mutta pakkauksen ilmautuminen voi tapahtua myös myöhemmässä vaiheessa. Näitä hitaammin ilmeneviä pakkausvirheitä aiheuttavat esimerkiksi pakkauskalvossa olevat mikrореiät, muut mikrореikien kokoon verrattavat virheet tai logistiikan aikana pakkaukseen tulleet kolhut.

## 4.5 TFFS-menetelmän troubleshooting

TFFS-menetelmän vianetsintä tulee aloittaa virheen lähteen selvittämisellä. Kun ongelma havaitaan, käydään läpi prosessin jokainen vaihe, jotta löydetään nopeasti vian aiheuttama asema ja vika voidaan korjata. Vioista ja niiden korjauksista tulee pitää

kirjaa, jotta ongelma on helpompi korjata sen ilmaantuessa uudelleen. Alkuperäiset asetukset tulee myös kirjata ylös aina ennen muutosten tekemistä. Muutokset asetuksiin tulee tehdä yksi kerrallaan ja mikäli havaitaan, että muutosta vian aiheuttajaan ei tapahdu, asetukset tulee palauttaa alkuperäiseen ennen uutta muutosta. Seuraavassa käydään läpi yleisimmät vikasyyt nakkien pakkauslinjoilla pakkausvirheiden näkökulmasta. (Klöckner pentaplast 2012)

Mikäli valmiiseen pakkaukseen muodostuu sauman alueelle vekkejä tai poimuja, voi syynä olla alakalvon liiallinen lämmitys, jolloin ongelma voidaan ratkaista lyhentämällä lämmitysaikaa tai laskemalla lämpötilaa. Liiallinen lämmitys aiheuttaa alakalvon liiallista venymistä ja sitä kautta vekkejä. Myös esilämmityksen epätasaisuus voi aiheuttaa vekkittymistä, jolloin lämpösäteilijän lämpötila tulee tarkastaa ja mahdollisesti palaneet vastukset vaihtaa. Kalvopohjaisena vikasyynä voi olla myös materiaalin poikkisuunnan kutistumaerot, jolloin materiaali voidaan todeta epätasalaatuiseksi ja vialliseksi. Mikäli vekkejä esiintyy yläkalvon puolella, voi syynä olla yläkalvon epätasainen aukirullaus. Ongelmaa voidaan ratkaista aukirullauksen kohdistuksen ja kitkattoman pyörimisen tarkistuksella tai säätämällä radan kireyttä. Muita syitä vekkien syntymiselle voivat olla kohdistusongelmat, jotka johtuvat kalvojen kohdistuksesta, ketjujen eriaikaisesta liikkeestä koneella tai esimerkiksi työkalun liikkumisesta muovauksen tai saumauksen aikana. (Klöckner pentaplast 2012)

Materiaalin liiallinen oheneminen kulma-alueelta tai kulma-alueen tarttuminen muottiin voivat aiheuttaa reiän alakalvon kulmaan. Tarttumista voi estää esimerkiksi muotin epätasaisuuksien hiominen ja puhdistus. Myös muotin pohjan käsittely teflon-spraylla voi auttaa. Liian kuumaksi lämmitetty materiaali voi myös johtaa materiaalin heikkenemiseen kriittisillä kulma-alueilla, jolloin lämpötilan lasku tai lämmitysjajan lyhentäminen voi poistaa ongelman. Mikäli vakuumi menee päälle liian aikaisin tai paine on liian suuri, voi ohuempi kalvonkohta pettää, jolloin on tarpeen säätää vakuumin ajoitusta tai paineen määrää. Kalvopohjaisena vikasyynä liika oheneminen voi johtua alun perin liian ohuesta kalvosta tai kalvon epätasaisesta paksuusprofiilista. (Klöckner pentaplast 2012)

Leikkausvirhe voi johtua leikkaavan terän tylsistymisestä tai vääntymisestä, jolloin terät tulee vaihtaa. Myös terien löystyminen aiheuttaa sen, että terä pääsee liikkumaan pois paikaltaan ja leikkaa pakkauksen virheellisestä kohdasta. Terän kohdistus vastaterään on siis tarkastettava, ja jos terä on vinossa suhteessa vastaterään, auttaa terän kiristäminen ja säätäminen kohdalleen. Lisäksi leikkauspaineen aleneminen näkyy huonona leikkausjälkenä, jolloin paine tulee tarkastaa ja tarvittaessa säätää oikeaksi. (Klöckner pentaplast 2012)

Saumaustekninen vika voi aiheutua monesta eri syystä saumausasemalla. Ensimmäiseksi tarkastetaan kalvojen kohdistus toisiinsa nähden. Mikäli kohdistuksessa ei ole vikaa, niin tarkastetaan, että saumauslämpö, saumausaika ja saumauspaine ovat tuotteelle määriteltujen arvojen mukaiset. Saumausprosessin kuluvia osia ovat saumauksen tiiviste ja membraani, joiden kunto voi vaikuttaa saumauksen

onnistumiseen. Saumauslevy voi myös olla vioittunut, epätasainen tai likainen, jolloin saumaus ei tapahdu levyn alueella kaikille pakkauksille tasaisesti. Vika voi olla levyn pinnassa, levyn vastusten toiminnassa tai saumausventtiilissä. (Klöckner pentaplast 2012)

Tuotteen joutuminen saumausalueelle aiheuttaa myös saumauksen epäonnistumisen. Tuotannossa tulee huolehtia, että täytön jälkeen saumausalue pysyy puhtaana. Tuotteen joutuminen sauma-alueelle voi olla seurausta kuppien liian täydestä täytöstä eli liian matalasta kupista, jolloin asettelun kriittisyys suhteessa linjanopeuden määräämään asetteluaikaan muodostuu ongelmaksi. Tuotteen joutuminen sauma-alueelle voi johtua myös liian voimakkaasta vakuumista, jolloin tuotetta tai tuoteperäistä nestettä joutuu sauma-alueelle vakuumin imemän ilman mukana. Tuoteperäisen nesteen joutuminen saumausalueelle vaikuttaa myös saumauslämpötilan nostamisvaateeseen, mikäli juurisyyhyn ei puututa. Tällöin voi tulla vastaan myös materiaalin lämpötilankestävyys, jolloin saumausongelmia alkaa aiheuttaa liian korkea saumauslämpötila. (Klöckner pentaplast 2012)

## 5 PAKKAUSTRENDIT

Pakkausmenetelmät ja -materiaalit elintarvikepakkaamisessa kehittyvät jatkuvasti. Lihatuotteilta ja niiden pakkauksilta vaaditaan koko ajan parempaa laatua sekä parempaa tuoteturvallisuutta ja käytettävyyttä. Kuluttajien arvostus tuotteiden havaittavaan luonnollisuuteen ja tuoreuteen on kasvanut. Valmistajat tavoittelevat tuotteille pidempää hyllyikää, jotta se säilyy riittävän pitkään jakelun ja kaupan jälkeen tuotteen loppukäyttäjällä. Oikein valittu pakkausmateriaali on avainasemassa kun tavoitellaan yllä mainittuja ominaisuuksia. (Kerry 2011, s. 44–45, 666–667)

Pakkausmateriaalin valinnalla voidaan luoda kuluttajille mielikuvaa tuotteen laadusta, luonnollisuudesta ja tuoreudesta. Esimerkiksi kierrätettävä pakkaus viestittää kuluttajalle, että tuotteen valmistaja suhtautuu vastuullisesti ympäristöä koskeviin kysymyksiin. Valmistajien suurena haasteena onkin ekologisen jalanjäljen pienentäminen säilyttäen silti pakkaukselta vaaditut ominaisuudet. Joka vuosi käytetään miljoonia tonneja polyeteeniä yhteensä miljardien pakkausten valmistamiseen. Tämän vuoksi jokainen gramma esimerkiksi polyeteeniä tai polypropeenaa, joka voidaan vähentää pakkausta kohden, on kokonaisuuden kannalta iso ympäristöteko. Muovien teknologia on viime vuosina kehittynyt paljon ja yhä ohuemmilla materiaaleilla on saavutettu riittävät suojausominaisuudet. Koska muovikalvoa ei enää ole mahdollista merkittävästi TFFS-prosessin teknisten vaatimusten kannalta ohentaa, nousevat esiin uudenlaiset pakkausmateriaalivaihtoehdot. (Kerry 2011, s. 44–45, 666–667; Rioux 2011, s. 1)

Yllä mainittu asetelma luo elintarviketeollisuudelle haasteen myös globaalisti. Tässä ympäristössä kilpailukykyisenä pysyminen edellyttää uusia tuoteinnovaatioita ja aktiivista kuluttajatrendien seuraamista. Tuotekehityksen haasteena on vastakkainasettelu pakkausmateriaalin määrän vähentämisen ja kasvamisen välillä. Pakkausmateriaalin käytön määrälliseen kasvuun johtavia trendejä ovat: pienien talouksien määrän kasvu ja perheiden eriaikaiset ruokailut, kuluttajien yhä impulsiivisempi ostokäyttäytyminen, kiireellisille ihmisille suunnatut nopeasti syötävät kerta-annokset ja pakkausten funktionaalisuuden lisääntyminen. Pakkausmateriaalin määrän vähentämistä taas puoltavat pakkausmateriaalien ja jakelun hinta, kasvanut ympäristötietoisuus ja kierrätettävyyden arvostus, ilmastonmuutos ja hiilijalanjälki sekä yleinen paine pakkausmateriaalin vähentämisen puolesta. (Kerry, s. 674)

Väestörakenteen ja elämäntapojen muutosten arvioidaan vaikuttavan merkittävästi pakkaustyyppien kysyntään myös lihajalosteilla. Kotitalouksien koko on pienenemässä ja yhä kiireisempien ihmisten päivittäiset ruokailurutiinit muuttuvat, jolloin arvioiden mukaan kysyntä yhden ja kahden hengen annoskoolle sekä nopeasti syötävillä snack-tuotteilla kasvaa. Haasteena valmistajalla onkin sopivan pakkauskoko- ja pakkaustyyppivalikoiman tarjoaminen, jotta se pystyy tarjoamaan kuluttajille eri elämänvaiheiden vaatimuksia vastaavan tuotteen. (Kerry, s. 677–678)

## 5.1 Tulevaisuuden pakkauskokovalikoima

Yhteiskuntarakenteessa on vuosien ajan ollut näkyvänä muutoksena pienten kotitalouksien määrän lisääntyminen, minkä arvioidaan lisäävän pienempien pakkauskokojen kysyntää. Lisäksi suuremmissakin perheissä lasten harrastaminen, ruoka-aineallergiat ja naisten työssäkäynnin yleistyminen ovat arvioiden mukaan vaikuttaneet siihen, että ruokailut ovat hyvin erilaisia ja eriaikaisia, jolloin tarve pienemmille pakkauksille kasvaa myös tällä segmentillä. (Järvi-Kääriäinen–Ollila 2007, s. 29)

Pienten kotitalouksien määrän kasvuun vaikuttaa muiden muassa ikääntyvän väestön määrän kasvu. Uudessa-Seelannissa vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin elintarvikepakkaustyyppien ominaisuuksien vaikutusta ikääntyvän väestön kulutusvalintoihin. Tutkimukseen osallistui sata 60–80-vuotiasta. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että merkittävin peruste tuotteen valinnalle oli sen hinta. Pakkauksen koko oli merkittävä valinnan määräävä tekijä yli 70 prosentille vastanneista. Muita tärkeitä seikkoja olivat pakkauksen kierrätettävyys ja helppo avattavuus. (Duizer–Robertson–Han 2008)

Pakkauskoko on siis yksi ratkaisevimmista tekijöistä ostopäätöstä tehtäessä. Yrityksen näkökulmasta pakkauskokopäätöksiä on kaksi: kuinka montaa eri pakkauskokoa tarjota ja minkä kokoisia näiden pakkausten tulee olla. Pakkauskoko määrää kuluttajan käytettävissä olevan tuotteen määrän ja kulutuksen, sekä kuljetuksen ja säilytyksen käytännöllisyyden. Näiden käytännön asioiden lisäksi McGill:n yliopistossa, Montrealissa on tehty tutkimus pakkauskoon ja pakkauskokovalikoiman vaikutuksesta kuluttajien laatuksitukseen. Tutkimuksen mukaan valmistava yritys voi kohottaa laatuimagoaan pienentämällä sekä pakkauskokovalikoimaa että valikoiman pakkausten kokoa. Tutkimuksessa todetaan myös, että kuluttajat eivät enää pidä korkeaa hintaa laadun takeena, vaan paremmin mielikuvaa korkeasta laadusta kuva tuotteen pakkauskoko. (Mathur–Qiu 2012, s. 2, 27)

Taloudellisesta näkökulmasta jaettavat monipakkaukset tarjoavat tehokkaan vaihtoehdon kuluttajille, jotka arvostavat sekä laatua ja kompaktia kokoa, että mahdollisuutta ostaa kerralla enemmän. Tämä vaihtoehto sallii kuluttajan tehdä päätöksen kerralla käyttämästään määrästä ja soveltuu myös aiemmin mainittuihin muuttuneisiin elämäntapoihin. (Mathur–Qiu 2012, s. 2)

Kun pyritään selvittämään kuluttajien ostokäyttäytymistä ja sen avulla varmistamaan tuotevalikoiman menestyminen myös tulevaisuudessa, tarvitaan ajantasaista tietoa myös kilpailijoiden vastaavien tuotteiden menestymisestä markkinoilla. The Nielsen Company kerää Suomessa tietoja noin viiden tuhannen kotitalouden jatkuvasta ostokäyttäytymisestä kuluttajaneelien, ostopäiväkirjojen ja HomeScan-menetelmänsä avulla. Nielsenin keräämän datan tuloksia voidaan raportoida alue-, markkina- ja ketjutasolla. Nielsenin toteuttaman vähittäiskaupan tutkimuksen avulla voidaan tehdä

katsauksia, analysoida liiketoiminnan trendejä ja arvioida tuotteen menestymistä. (Nielsen 2012a, Nielsen 2012b)

## 5.2 Tulevaisuuden pakkausmateriaalit

Viime vuosikymmeninä muovin käyttö pakkausmateriaalina on kasvanut merkittävästi eri aloilla, mutta erityisesti elintarvikepakkaamisessa. Muovin tekniset edut ovat kiistattomat, sen avulla on saavutettu mahdollisuus lämpökäsittelyihin, kuten lämpömuovaukseen ja kuumasaumaukseen, tarvittavat mekaaniset ominaisuudet ja barrier-ominaisuudet, pakkauksen keveys ja muut edut suhteellisen alhaisin kustannuksin. (Lagaron–Lopez-Rubio 2011)

Vaikka kehittyneet pakkausmateriaalit ovat auttaneet pidentämään elintarvikkeiden hyllyikää ja siten vähentämään elintarvikkeiden pilaantumisesta johtuvaa kaatopaikalle joutuvan biojätteen määrää, on kasvanut muovimateriaalien käyttö tuonut mukanaan myös muita ympäristöön liittyviä haasteita. Tähän asti näihin on reagoitu sekä ympäristönäkökulmasta, että taloudellisista syistä vähentämällä käytetyn pakkausmateriaalin määrää pakkausta kohden. Tämä on käytännössä tarkoittanut yhä ohuempien ja ohuempien kalvojen kehittämistä ja käyttöä. Ekologisesta näkökulmasta myös pakkausmateriaalirakenteiden yksinkertaistaminen toisi etuja helpomman kierrätettävyyden ja uudelleenprosessoinnin vuoksi. Toinen vaihtoehto on etsiä muovin tilalle kokonaan uusia materiaaliratkaisuja. (Lagaron–Lopez-Rubio 2011)

Ympäristöystävällisyyden parantaminen ja öljyriippuvuuden vähentäminen puoltavat pakkausmateriaaleina käytettävien muovien korvaamista täysin uusilla materiaaliratkaisuilla. Nämä tavoitteet ovat johtaneet ja tulevat edelleen johtamaan myös lainsäädännön kiristymiseen pakkausmateriaalien käytössä, jonka ansiosta materiaalitutkimusta korvaavien materiaalien löytämiseksi tehdään jatkuvasti. (Lagaron–Lopez-Rubio 2011)

### 5.2.1 Bio- ja nanopohjaiset pakkausmateriaalit

Nykyisten ympäristövaatimusten vuoksi markkinoilta on jo poistunut joitain teknisesti erinomaisia muovimateriaaleja, ja myös edelleen käytössä olevien polymeerimateriaalien osalta suuntaus poispäin öljyriippuvuudesta jatkuu. Haasteisiin vastauksena kehitetään jatkuvasti yhä käyttökelpoisempia materiaaleja. Paljon tutkittuja vaihtoehtoja ovat esimerkiksi kompostoitavat biomateriaalit ja nanoteknologiaan pohjautuvat ratkaisut. Biomateriaalien etuna on öljyriippumattomuuden lisäksi niiden oletettu hiilidioksidineutraalius elinkaarensa aikana. Nanoteknologian sovellutuksista odotetaan ratkaisuja tulevaisuuden pakkausmateriaaleihin esimerkiksi



komposiittimateriaalina yhdessä muovin, biomateriaalien tai kuitupohjaisten materiaalien kanssa. Nanomateriaaleja hyödyntämällä voidaan näille materiaaleille tulevaisuudessa saavuttaa paremmat mekaaniset ja lämpökäsittelyominaisuudet sekä paremmat barrier-ominaisuudet. Nanopartikkeleilla tarkoitetaan kooltaan alle 100 nanometrin partikkeleita. (Andersson 2008, s. 21; Arora–Padua 2010, s. 43; Parjanen–Torssonen 2009, s. 2, 6, 21, 69, 72)

Biopolymeerejä on tutkittu niiden ympäristöystävällisyyden vuoksi potentiaalisena korvaajana perinteisille polymeereille. Biopolymeerejä voidaan valmistaa esimerkiksi tärkkelyksestä, selluloosasta ja muista polysakkarideista. Elintarvikepakkaamisessa biopolymeerien teollista käyttöä on vielä toistaiseksi rajoittanut materiaalien suhteellisen huonot mekaaniset, termiset ja barrier-ominaisuudet. Erityisesti biopolymeerien heikko kosteusbarrier on osoittautunut haasteeksi materiaalien kehityksessä. Edellä mainittujen syiden vuoksi biomateriaaleilla ei siis vielä päästä riittävän pitkään hyllyikään materiaalin ajan myötä tapahtuvasta migraatiosta johtuen. Biopolymeerien laajempaa käyttöä on rajoittanut myös niiden toistaiseksi korkea hinta, joka ei vielä nykyisillä tuotantomenetelmillä ja -määrillä ole muoveihin nähden kilpailukykyinen. Näihin puutteisiin odotetaan kuitenkin selvää kehitystä nanoteknologian kehityksen myötä. (Arora–Padua 2009, s. 45; Eilert 2005)

Nanoteknologia on ollut yksi nopeimmin kasvavista tutkimuskohteista maailmassa viime vuosina. Nanokomposiitit ovat materiaaleja, jotka sisältävät nanokokoisia partikkeleita. Nanokomposiitit ovat selvästi yksi lupaavimmista tutkimuskohteista myös elintarvikepakkaamisen alalla. Useista nanoteknologian sovellutuksista biomuovien kanssa eniten on tutkittu ja käytetty nanosavipohjaisia komposiitteja. Tutkimusten mukaan nanometriskaalan paksuinen nanosavikerros biopolymeerikalvossa parantaa merkittävästi materiaalin mekaanisia ominaisuuksia, UV-suojaa, prosessoitavuutta, lämmönkestoa ja lämmönjohtokykyä sekä kaasujen ja vesihöyryn barrier-ominaisuuksia. Nanosaven avulla voidaan arvioiden mukaan vähentää myös biomuovin migraatiota pakattuun tuotteeseen. Tutkimuksissa on myös jo osoitettu, että biomuovien hapenläpäisevyyttä voidaan merkittävästi parantaa nanosaven avulla. Biopolymeerin PLA:n hapenläpäisevyys voidaan puolittaa nanosavikerrosta käyttämällä. Tämä ei kuitenkaan vielä aivan riitä samalle tasolle vastaavien muovimateriaalien kanssa. Lisäämällä nanosavea on saavutettu kuitenkin toisen biopolymeerin, PHB:n hapenläpäisevyydessä jopa alhaisemmat arvot kuin PET-materiaalilla. (Lagaron–Lopez-Rubio 2011)

Yhdessä polymeerimateriaalien kanssa nanokomposiiteilla voidaan jo parantaa pakkausmateriaalin barrier-ominaisuuksia, mekaanista lujuutta ja lämmönkestoa. Näiden parannusten ansiosta nanomateriaalien avulla voidaan päästä yhä ohuempiin kalvorakenteisiin. Monet nanomateriaalien tunnusomaiset ominaisuudet johtuvat niiden pienestä koosta, jonka ansiosta partikkeleita mahtuu pienelle alueelle suuri määrä, jolloin materiaalin ominaispinta-ala kasvaa. Barrier-ominaisuuksien paraneminen ja siten hyllyiän piteneminen perustuu materiaalin läpi diffundoitumalla siirtyvien kaasujen määrän vähenemiseen. Nanomateriaalin rakenteen ansiosta diffuusio tapahtuu pidempää

ja kiemuraisempia reittejä, kuin vastaavilla polymeerimateriaaleilla, joten siirtyminen on hitaampaa. Nanomateriaalien etu on myös se, että niiden lisääminen pakkausmateriaaliin ei aiheuta muutoksia materiaalin prosessoitavuuteen, ulkonäköön tai kierrätettävyyteen. PA-nanosavi-komposiitteja on jo kalvomateriaaleina kaupallisissa sovellutuksissa. (Andersson 2008, s. 21; Arora–Padua 2009, s. 43–44; Hatzigrigoriou–Papaspnyrides 2011, s.3737)

## 5.2.2 Kuitupohjaiset pakkausmateriaalit

Kuitupohjaisten pakkausmateriaalien, kuten paperin ja kartongin käyttö elintarviketeollisuudessa on yleistä, mutta lihatuotteiden pakkaamisessa niitä on materiaalitekniisten syiden vuoksi käytetty harvoin. Kuitupohjaisten materiaalien suojausominaisuudet, kuten lujuusominaisuudet sekä kaasujen ja vesihöyryn läpäisevyys eivät yleensä ole lihatuotteiden pakkaamiseen riittävät. Etuna kuitupohjaisella materiaalilla on kuitenkin sen tarjoama valobarrier, jota polymeeripohjaisilla kirkkailla kalvoilla ei saada. Kuitupohjaisia materiaaleja hyödynnetään laminoituna niiden myynnillisten ominaisuuksien vuoksi, sillä painatusmahdollisuudet kuitumateriaaleilla ovat erinomaiset. (Kerry 2011, s. 681, 687)

Vuonna 2010 julkaistiin Iso-Britanniassa ensimmäinen kaupallinen lihajalostepakkaus, jonka materiaalina käytettiin aivan uudenlaista, lämpömuovautuvaa muovipäällysteistä paperia. Paperipohjainen materiaali on ympäristöystävällinen, sillä öljypohjaisen raaka-aineen määrä pakkauksessa on huomattavasti pienempi kuin vastaavilla muovipakkauksilla. Materiaali on saanut myös FSC-sertifikaatin, joka tarkoittaa, että paperin raaka-aineena käytettävän puuaineksen alkuperäketju tunnetaan, ja puu on peräisin hyvin hoidetuista, sertifioituista metsistä. Tätä PE/EVOH/PE päällystettyä materiaalia käytettiin MAP-pakkaamisessa, jossa sitä venytettiin lämpömuovauksessa syvyys suunnassa 10 millimetriä. Uutta myyntipakkausta kuvattiin erittäin korkealuokkaiseksi ja innovatiiviseksi. Syiksi paksun PVC-muovikalvon korvaamiseksi paperisella myyjä kertoi pakkauskäytöstä poiston lisäksi olleen paperin muovien alhaisempi hinta, yrityksen ympäristöohjelma sekä paperimateriaalin luonnollinen tuntu. (Greener package 2010, Plastics today)

Kuitumateriaalin etu on myös muunneltavuus. Materiaalin kokonaispainosta 90 prosenttia on paperimateriaalia ja 10 prosenttia päällystettä. Pohjamateriaalina oleva paperi säilyy eri sovelluksissa samana, mutta räätälöinti tehdään päällysteen avulla. Pakkauksen sisäpinnan puolella päällystekerros antaa tuotteen vaatimat barrier-ominaisuudet ja ulkopinnan puolella parantaa materiaalin muovattavuutta vähentämällä kitkaa materiaalin ja muotin välillä. Ulkopinnan päällyste myös suojaa materiaalia ja tuotetta kosteudelta ja rasvalta pakkausprosessin aikana sekä jakelun aikana. (Grallex)

Kuitupohjaisilla materiaaleilla, eli paperilla ja kartongilla on suuri osuus pakkausteollisuudessa ja niillä nähdään edelleen olevan potentiaalia käyttösuutensa

kasvattamisessa. Erään tutkimuksen mukaan kartonkia pidetään materiaalina, jota erityisesti vanhemmat kuluttajat arvostavat materiaalin tuttuuden ja luotettavuuden vuoksi. Nuorten kiinnostus luonnolliseen materiaaliin syntyy sen nykyaikaisesta tunnusta. (Rundh 2009, s. 993)

Kuitupohjaisia pakkausmateriaaleja kehitetään myös jatkuvasti. Tulevaisuudessa on nähtävissä kuituominaisuuksien yhä tehokkaampaa hyödyntämistä yhdessä biokomposiittien ja nanomateriaalien kanssa, kuitumateriaalien käyttöä yhdistelmämaterialirakenteissa ja kuitumateriaalien kosteuden keston kehitystä. Keskeisinä tekijöinä ovat uusiutuvan luonnonmateriaalin edut sekä kierrätettävyys. (Järvi-Kääriäinen–Ollila, s. 136)

### 5.3 Funktionaaliset pakkaukset

Pakkausten käytettävyyden parantaminen on jatkuvasti kasvava trendi. Käytettävyydellä on todettu saavutettavan lisäarvoa tuotteelle. Pakkauksilta toivottavia käytettävyysominaisuuksia ovat esimerkiksi helppo avattavuus ja uudelleensuljettavuus. Pakkauksen käytöllä kuvataankin olevan seitsemän eri vaihetta: ensimmäinen avaus, käyttö, pakkauksen suljenta, uudelleen avaus, uudelleen käyttö, uudelleen suljenta ja pakkauksen hävittäminen. Erityisesti pakkauksen ensimmäisen avauskerran yhteydessä korostuu avattavuuden helppous, jossa on huomioitava kasvavan väestöryhmän, vanhusten, heikentyneet fyysiset kyvyt voimassa, jota pakkauksen avaamiseen tarvitaan. Avausmekanismien kehitys huomioi myös muita kuluttajaryhmiä, sillä helposti avattavien pakkausten avaamiseen ei vaadita erikoisvälineitä, jolloin avaaminen ja käyttö nopeutuvat. Helposti avattavien ja uudelleen suljettavien pakkausten menetelmiä on useita. (Kerry, s. 677–678; Marsh–Bugusu 2007)

Kun itse pakkaus kykenee ominaisuuksillaan tuomaan tuotteelle kuluttajien arvostaman lisäarvon, niin voidaan sanoa, että pakkaus on tuote. Kuluttajien havaitseman lisäarvon vuoksi itse pakkauksen sisältämästä elintarvikkeesta saadaan parempi hinta kuin tavanomaiseen pakkaukseen pakatusta tuotteesta. Pakkaus saa kuluttajan valitsemaan helppokäyttöisen tuotteen muiden tuotteiden valikoimasta sen tuoman edun vuoksi. Tyypillisiä esimerkkejä lisäarvon tuovista pakkauksista ovat erilaiset ”on-the-go” -tuotteet, joiden lisäarvo perustuu tuotteen helppoon ja nopeaan nauttimiseen nykyisten ruokailutottumusten ja kiireisten ihmisten arjessa. (Peters 2004, s.1–2)

Pakkauksen ominaisuuksille voidaan muodostaa neljä kriteeriä, kun arvioidaan muodostaako itse pakkaus tuotteen. Ensimmäinen kriteeri on kuluttajan huomion kiinnittyminen siten, että kuluttaja kokee tuotteen omakseen. Usein tämä ominaisuus on pakkauksen helppokäyttöisyys, mutta se voi olla myös muu pakkauksen kekseliäisyyteen tai designiin liittyvä asia. Toinen kriteeri on, että itse pakkaus muodostaa brändin ja sen markkinoinnin perustan. Kolmas kriteeri on, että pakkaus sallii sen sisältämän tuotteen korkeamman hinnoittelun. Korkeampi hinnoittelu perustuu

siihen, että pakkauksen tuoman lisäarvon vuoksi kuluttaja ei vertaa tuotetta ja sen hintaa muihin vastaaviin, tavanomaisissa pakkauksissa oleviin tuotteisiin. Neljäntenä kriteerinä on, että pakkaus itsessään mainostaa itseään. On esitetty, että riittävän tehokkaasti erottuva pakkaus voi menestyä markkinoilla jopa ilman erillistä markkinointia. (Peters 2004, s. 3–4)

Pakkausmateriaalien kyky tarjota monipuolisia käyttömahdollisuuksia kuluttajalle on tärkeää, kun pyritään parantamaan funktionaalisuutta. Helppokäyttöisen pakkauksen ja helposti valmistettavan tuotteen yksi merkittävä ominaisuus on, että sen voi lämmittää mikroaaltouunissa. Tämä vaatii pakkausmateriaalilta korkeaa lämmönkestoa ja tiiveyden säilymistä myös lämmityksen aikana. (Eilert 2005)

## 5.4 Aktiiviset ja älykkäät pakkaukset

Kiinnostus älykkäiden ja aktiivisten pakkausten menetelmiin lihatuotteilla on kasvanut viime vuosina. Kiinnostuksen kasvuun ovat vaikuttaneet lihan ja lihajalosteiden tiukentuneet hygienia- ja turvallisuusvaatimukset, jatkuva hyllyiän pidentämisen tarve ja kuluttajien laatu tietoisuuden kasvaminen. Aktiivisen pakkaamisen menetelmien tarkoituksena on säilyttää ja parantaa lihan laatua tai pidentää tuotteen hyllyikää. Aktiivisen pakkaamisen ratkaisuja ovat esimerkiksi hapenpoistajat, kosteuden säätäjät ja antimikrobiset materiaalit. Älykkäiden pakkausten tarkoituksena on, että itse pakkaus kertoo sensorin avulla sen sisältämän tuotteen laadusta varastoinnin ja jakelun aikana. Älypakkauksratkaisuja ovat esimerkiksi aika-lämpötila-indikaattorit, happi-indikaattorit ja muut laatuindikaattorit. (Kerry–O’Grady–Hogan 2006)

Korkea happipitoisuus elintarvikepakkauksessa johtaa mikrobien nopeaan kasvuun, tuotteen aistinvaraisten ominaisuuksien heikkenemiseen, värimuutoksiin ja siten tuotteen hyllyiän lyhenemiseen. Pakkauksen sisäisen happipitoisuuden kontrollointi on tärkeää, jotta tuotteen liian aikainen pilaantuminen voidaan välttää. Hapenpoistajia voidaan hyödyntää vakuumi- ja suojakaasupakkauksissa jäännöshapen kontrolloimiseksi. Happea jää pakkaukseen aina hieman pakatun tuoteannoksen tuotteiden väleihin. Lisäksi happea kulkeutuu pakkaukseen aina hieman myös pakkausmateriaalin läpi. Käyttämällä hapen itseensä imevää hapenpoistajaa, voidaan jäännöshapen aiheuttaman laatu muutokset minimoida. Hapenpoistomenetelmät perustuvat esimerkiksi raudan yhdisteisiin, askorbaattien reaktioihin ja entsyymaattisiin reaktioihin. Poistaja voidaan lisätä pakkaukseen muun muassa pussina, tarrana tai muovikalvon osana. (Kerry–O’Grady–Hogan 2006)

Kosteuden säätäjien tarkoituksena on vähentää pakatun tuotteen veden aktiivisuutta ja siten estää mikrobien kasvua. Pakkauksen sisään lisättävät kosteuden säätäjät tai poistajat imevät kosteutta ja hidastavat siten tuotteen pilaantumista ja parantavat tuotteen ulkonäköä, kun pakkauksessa ei ole irrallista nestettä. Poistajat ovat yleensä pakkauksen sisään asetettavia pusseja. (Singh–Wani–Saengerlaub 2011, s. 253–254)

Antimikrobinen pakkaaminen on mielenkiintoinen aktiivisen pakkaamisen menetelmä lihan pakkaamisen kannalta. Koska mikrobien kontaminaatiota tapahtuu valmistuksen jälkeen lähinnä lihatuotteiden pinnalla, voidaan säilyvyyttä parantaa näiden pinnan kanssa kosketuksissa olevien materiaalien avulla. Antimikrobiset materiaalit viivytävät mikrobien kasvua ja lyhentävät kasvuaikaa, ja siten pidentävät tuotteen hyllyikää sekä parantavat tuotteen laatua ja turvallisuutta. Antimikrobisia yhdisteitä voidaan lisätä pakkausmateriaaliin päällysteenä tai muutoin pakkausmateriaaliin tai sen pinnalle liitettynä. Käytettyjä aktiivisia yhdisteitä ovat esimerkiksi orgaaniset hapot, entsyymit, bakteriosiinit ja haihtuvat yhdisteet, kuten etanoli. (Kerry–O’Grady–Hogan 2006)

Aika-lämpötila-indikaattorit ovat sensoreita, jotka mittaavat ja osoittavat pakatun tuotteen ajan ja lämpötilan suhteen tapahtuneita muutoksia. Indikaattorien toiminta perustuu kemiallisiin, elektrokemiallisiin, entsyymaattisiin tai mikrobiologisiin muutoksiin, jotka näkyvät indikaattorin värin muuttumisena. Nämä visuaaliset ilmaisimet voivat osoittaa tuotteen varastoinnin ja jakelun aikaiset muutokset joko kumulatiivisena tai osoittamalla koko historian ajan suhteen. Aika-lämpötila-indikaattorit ovat tyypillisesti pakkaukseen lisättyjä pieniä tarroja tai etikettejä. (Kerry–O’Grady–Hogan 2006)

## 5.5 Trendit pakkausmenetelmissä

TFFS on hyvin perinteinen pakkausmenetelmä lihajalosteiden pakkaamisessa ja varsinaiset innovaatiot liittyen itse menetelmään ovat olleet harvinaisia. Vakuumpakkaamisen arvioidaan tulevaisuudessakin olevan yksi käytetyimmistä pakkausmenetelmistä tuotteilla, joilla laadun säilyminen edellyttää hapettomia olosuhteita. Menetelmän selvänä etuna on kustannustehokkuus. Monet esitettyyn pakkausmenetelmään liittyvät innovaatiot ja kehitysaskleet tehdään materiaalikehityksen myötä, jolloin teknologiaa päivitetään toimimaan uusilla materiaaleilla. (Pekka Mattila 2012)

Saumaus on niin vakuumpakkaamisessa, kuin muissakin pakkausmenetelmissä pakkauksen tiiviyyden kannalta kriittinen tekijä. Mikäli pakkausvirheiden määrää voidaan teknisin toimenpitein vähentää, vähenee samalla myös viallisina hylättyjen pakkausten määrä. Ultraäänisaumauksen avulla saadaan aikaan tiivis sauma, joka työntää mahdolliset epäpuhtaudet edeltään jättämättä niitä sauman väliin. Ultraäänisaumaus on laajalti käytössä eri teollisuudenaloilla, mutta elintarviketeollisuudessa sen sovelluksia on toistaiseksi vielä käytössä erittäin vähän. (Herrmann–Hueber 2009, s. 24–25)

Perinteisen vakuumpakkausmenetelmän kilpailijoiksi on noussut myös toisentyyppisiä pakkausratkaisuja. Pakatun ruuan valmistajat ovat useilla tuotteilla siirtyneet yhä enemmän pussimallisiin, seisoviin pakkauksiin (stand-up pouch). Pussipakkauksia on

käytössä laajalti myös lihajalosteilla. Dennis Calamusa (2005) esitteli artikkelissaan tuloksia, joiden mukaan stand-up pouch -pakkausten käyttö on globaalisti kasvanut yhdestä miljardista kuuteen miljardiin pakkaukseen vuodessa aikavälillä 1998–2006. Yhdysvaltalaisen tutkimusyritys Mintel Groupin vuonna 2011 tekemän tutkimuksen mukaan kuluttajatuotteiden pakkaaminen stand-up pouch -tyyppisiin pakkauksiin on kasvanut 37 prosenttia vuosina 2007–2011. Pakkaustyyppin kerrotaan vetoavan erityisesti alle 35-vuotiaisiin kuluttajiin. Tämän pakkaustyyppin käytön ennustetaan kasvavan vielä useiden vuosien ajan laajalti eri elintarvikkeilla. (Breizpack 2012; The Bulletin 2012; Calamusa 2005)

Kuluttajien nykyinen liikkuva elämäntapa sekä yksin asuvien ja seniorikotitalouksien määrien kasvu ovat taustoja pienien pakkauskokojen kysynnän kasvulle. Joustopakkauksista seisovat pussipakkaukset ovat ideaalinen pakkausmuoto näille annoksille. Stand-up pouch -pakkauksiin lisätään tyypillisesti myös käytettävyyttä parantavia ominaisuuksia, kuten helppoa avattavuus ja uudelleen suljenta. Yritysten näkökulmasta seisovien pussipakkausten trendin kasvuun on johtanut tarve parantaa tuotteen näkyvyyttä kaupan hyllyllä. Pussipakkausten käyttö on siis markkinoinnillinen erilaistamisen keino, jolla voidaan tavoitella myynnin kasvua. Yleisesti tätä pakkausmenetelmää on käytetty esimerkiksi vähentyneen myynnin elvyttämiseksi ja uusilla tuotteilla hyväksynnän ja menestyksen takaamiseksi. (Breizpack 2012; Calamusa 2005)

### 5.5.1 Innovaatiot saumausmenetelmässä

Ultraäänisaumausta käytetään useilla teollisuuden aloilla, kuten tekstiiliteollisuudessa ja termoplastisia muoveja käytävillä aloilla. Sen sovelluksia on viime aikoina otettu käyttöön myös elintarvikepakkaamisessa. Ultraäänisaumausta hyödynnetään esimerkiksi erilaisten hermeettisesti suljettavien pussien, kuten kastikkeiden, juomaa sisältävien pussipakkausten ja lihan pakkaamisessa. Menetelmää voidaan soveltaa myös uudelleensuljettavissa ”zipper”-pakkauksissa. Ultraäänisaumauksella on useita etuja perinteiseen lämpöön ja puristukseen perustuvaan saumaukseen nähden. Menetelmän korkean värähtelytaajuuden ansiosta ultraäänimenetelmällä on mahdollista saada aikaan ilmatiiviitä saumoja, vaikka saumattavien pintojen välissä olisi tuotetta. Värähtely ravistaa saumauksen yhteydessä tuotteen pois sauma-alueelta. Ultraäänisaumauksessa vain yhden 10000:stä saumauksesta kerrotaan epäonnistuvan. (Herrmann–Hueber 2009, s. 24–25; Capodiec 2008)

Ultraäänimenetelmän toinen etu on sen nopeus tuotannossa, joten se soveltuu suurille tuotantomäärille. Kuumasaumauksessa pakkauksen sauma-alueita joudutaan kuumentamaan, jotta saumattavan pinnan materiaali kykenee muodostamaan sidoksia. Tämä vaatii ultraäänisaumaukseen verrattuna huomattavasti enemmän aikaa. Kuumasaumauksessa tuotteen tai tuoteperäisen nesteiden jääminen sauman väliin estää tiiviin sauman muodostumisen. Ultraäänisaumauksessa tätä ongelmaa ei ole.

Menetelmän etuna on myös tuotteeseen ja materiaaliin kohdistuvan lämpökuorman väheneminen ja sitä kautta energian säästö. Menetelmän arvioidaan käyttävän 20–25 prosenttia vähemmän energiaa, kuin kuumasaumauksen. Lisäksi pakkausmateriaalin vähentäminen on ultraäänisaumauksella mahdollista, sillä muodostunut sauma on selvästi kuumasaumasta kapeampi, eikä leveitä reuna-alueita pakkauksessa siten tarvita. (Herrmann–Hueber 2009, s. 24–25; Capodieci 2008)

### 5.5.2 Uudet vakuumpakkausmenetelmät

Perinteisten vakuumpakkaamisessa käytettyjen kalvojen rinnalle on tullut kutistekalvojen käyttö FFS-menetelmissä (form-fill-seal). Kutistekalvomenetelmän kerrotaan tuovan ratkaisun vakuumpakkaamisen perinteiseen vekkiongelmiaan. Menetelmän kehityksen odotetaan tuovan ratkaisuja myös muihin vakuumpakkausmenetelmän ongelmiin ja mahdollistavan pakkausmateriaalin vähentämisen. (Eilert 2005)

Kutistekalvomenetelmään perustuvalla pakkauslinjalla pakkausprosessi alkaa myös alakalvon muotoilusta. Tavallisen lämpömuovauksen tavoin pakkauskuppi muotoillaan alapuolisen vakuumin ja yläpuolisen puhalluksen avulla. Täytön jälkeen rata kuljetetaan saumaukseen ja vakumointiin, jossa pakkaukseen yhdistetään myös ylärata. Painetun kalvon jokainen kuva on hieman pienempi, kuin lopullisessa pakkauksessa, sillä kalvo venytetään jokaiseen pakkaukseen erikseen kohdistuen. Kun ilma on poistettu pakkauksesta, ylä- ja alakalvot saumataan yhteen. Koska kalvo on altis lämmön vaikutukselle, pakkaus eristetään sauma-aluetta lukuun ottamatta saumauksen ajaksi vesijäähdytteisellä levyllä, jotta vältetään yläkalvon ennenaikainen kutistuminen. Tämän jälkeen pakkaukset leikataan radasta erilleen. Muodostetut pakkaukset kuljetetaan leikkureilta eteenpäin ja ne upotetaan kuumaan veteen, jossa pakkauskalvo kutistuu tiukasti tuotteen pintaan. Ajoparametrit optimoidaan kullekin pakkauskoolle sopiviksi. (Packaging Digest 2010)

## 6 PAKKAUSTUTKIMUS

Pakkaustutkimuksen menetelmiä olivat elintarvikepakkaamon tuotannon seuranta, tuotannon raporttien ja ajoparametrien analysointi, laadunvalvonnan arviointi sekä ilmapussipakkausten keruu ja pakkausvirheiden tunnistaminen.

Tässä työssä tutkitut ilmapussipakkaukset on koottu neljältä esimerkkipakkauslinjalta, jotka kaikki ovat vakumoivia TFFS-pakkauskoneita. Pakkauskonelinjoista Linja 10 ja Linja 20 ovat keskenään ja pakattavilta tuotteiltaan samanlaiset, joten niitä on käsitelty yhdessä. Linjalla 30 ja Linjalla 40 pakataan kahta muuta tuoteryhmää vastaavalla menetelmällä.

### 6.1 Laadunvalvonta pakkauskonelinjalla

Laadunvalvonta on välttämätön osa elintarvikepakkaamista, sillä virheellisillä pakkauksilla voi olla laajalle ulottuvia seurauksia, kuten pilaantuneet tuotteet, kuluttajien kärsimät terveyshaitat tai imagon vahingoittuminen. Siksi pakkaamiselle on määriteltävä omien laatuvaatimusten mukaiset tarkastusmenettelyt ja laadunvalvonnan ohjeistus. (Multivac käyttöohje, s. 13)

Käytössä olevia laadunvalvonnan menettelyjä esimerkkilinjalla ovat tuotantoraportin ja omavalvontalomakkeen täydentäminen, päivämäärämerkinnän säännöllinen tarkastus, pakkausten määräpainopunnitus ja varastointitestissä havaittujen ilmapussipakkausten määrien kirjaus. Tuotantoraporttiin kirjataan kirjainsymbolein kaikkien yli viisi minuuttia kestäneiden tuotantokatkojen syyt. Viimeinen käyttöpäivä, eli vkp-merkintä tarkastetaan ja kuitataan noin 15 minuutin välein. Määräpainopunnitukseen on määriteltä pakkausten painoille ylä- ja alarajat, joiden rajoissa pysymistä tarkkaillaan säännöllisesti. Varastointitesti tehdään aina uuden tuotteen ajon alkaessa, ja siinä raportoidaan lomakkeelle ilmapussimäärät laatikkoa kohden. Varsinaiseen ilmapussipakkausten tutkintaan ja pakkausvirheiden nopeaan tunnistamiseen ei tuotannossa kuitenkaan ole järjestelmällistä menettelytapaa.

Ilmapussipakkausten määrää seurataan erillisellä mittarilla. Mittarin avulla seurataan kaupan palautusten osuutta kokonaistuotannosta. Mittari on hyvä työkalu kuukausitason ja pidemmän aikavälin seurantaan.

### 6.2 Tuotannon aikana tehtävän laadunvalvonnan kehittäminen

Tuotannon aikana tehtävän laadunvalvonnan kehittämiseksi laadittiin laadunvalvonnan tietopaketti. Tietopaketin sisältö ottaa kantaa työn toiminnallisiin asioihin



ilmapussipakkausten syntymisen vähentämiseksi ja auttaa tunnistamaan teknisistä syistä johtuvia virheitä. Laadunvalvonnan kehittämisen tavoitteeksi asetettiin ilmapussipakkausmäärien vähentäminen ja siten kustannusten vähentäminen. Tietopakettia voidaan käyttää koulutusmateriaalina ja osana uusien työntekijöiden perehdytystä sekä pohjana laadunvalvonnan ohjeistukselle.

Tietopaketin kokoamisessa käytettiin taustatietona tämän työn tutkimusta sekä vakuumpakkauskoneiden valmistajan laatimaa ohjetta. Tietopaketin sisällön laadinnan tukena on käytetty tähän kappaleeseen koottuja tietoja:

Pakkausten laatua tulee seurata prosessissa jatkuvasti. Erityinen tarkastaminen tulisi lisäksi tehdä aina, kun tuotantokäytössä on saavutettu määrätty aikaväli, kun kone on asetettu toiselle formaatille tai kun vaihdetaan kalvolaatua tai -paksuutta. Sama tarkastus tehdään, kun koneeseen on vaihdettu vara- tai vaihto-osia ja kun koneesta on poistettu häiriö. (Multivac käyttöohje, s. 13)

Jatkuvassa laadunvalvonnassa tulee huolehtia, että painomerkin kohdistus asettuu oikein ja että kohdistus pitää koko ajan. Kalvorullan mahdollisia liitoskohtia tulee seurata ja liitoskohtiin osuvat pakkaukset poistaa linjalta, sillä liitoskohta ei ole pakkausvaatimusten mukainen ja tiivis, vaan muodostaa ilmapussipakkauksen ajan kuluessa. (Multivac käyttöohje, s. 165)

Tuotteen pakkauskuppiin asettelu tulee tehdä mahdollisimman tasaisesti, sillä yli kalvotason ulottuva tuote voi vahingoittaa saumaustyökalua ja leikkauslaitetta. Joutuessaan kosketuksiin laitteiston kanssa, voi prosessiin jäädä myös tuoteperäistä likaa, joka siirtyy seuraavaan pakkaukseen. Jäädessään sauman väliin tuote, sen osat tai tuoteperäinen neste aiheuttavat saumauksen epäonnistumisen, jolloin pääsee muodostumaan ilmapussipakkaus ja tuotteen säilyvyys vaarantuu. Prosessin aikana on siis huolehdittava, että tuote on saumausasemalle mennessään asettunut tasaisesti pakkauskuppeihin, ja että saumausalue on puhdas. (Multivac käyttöohje, s. 307–308)

Reunanauhan kerääjien häiriöt voivat aiheuttaa reunanauhan joutumisen pakkaskonelinjan kiertoon ja kuljettimia pitkin myös saumaustapahtumassa pakkauksen sisään. Mikäli reunanauhaa joutuu kerääjiltä pakkauslinjan kiertoon, on kaikki pakkaukset poistettava kokonaan linjalta, kunnes kaikki reunanauhamateriaali on saatu pois linjastolta ja kerääjä toimii jälleen moitteettomasti. Sauman väliin joutunut reunanauha muodostaa vuotavan kohdan ja ilmapussipakkauksen. Pakkauksen sisään jääneen reunanauhan mukana voi myös päästä pakkauksen sisään bakteereja. Reunanauhan kierrosta poistamisen jälkeen tarkastetaan jokainen pakkaus, kunnes linja on kiertänyt koko prosessin puhtaasti takaisin alkupisteeseen.

Pistokoemaiselle pakkaustarkastukselle voidaan määritellä ohje, jonka mukaan pistokokeita suositellaan tehtäväksi tietyn ajan välein. Pistokokeissa tarkastetaan sauma-alueelta veki, saumauksen tiiviys, leikkausreunan siisteyden ja sauman leveyden tarkistus, päivämäärämerkinnän kohdistus ja virheetön merkintä. Tarkastetaan myös pakkauksen puhtaus, siisteys ja että kalvo on ehjä pakkauksen kummaltakin puolelta.

Tuotannon yhteyteen soveltuvia pakkausten tarkastustapoja ovat saumausleveyden tarkastus ja katsetarkastus eli silmämääräinen arviointi. Näiden lisäksi tulee tehdä varastointitesti, jossa hyviä pakkauksia varastoidaan joko yksittäisinä tai pinossa tietty aika, jonka jälkeen pakkauksille tehdään uusintatarkastus. (Multivac käyttöohje, s. 14)

Kun havaitsee pakkausvirheen, tulee tarkastaa välittömästi onko kyse yksittäisestä virheestä, vai toistuuko virhe säännöllisesti pakkausprosessissa. Mikäli virhe toistuu säännöllisesti, on kutsuttava huoltohenkilö tarkastamaan vian aiheuttama syy pakkauskoneella. Huoltohenkilölle kuvaillaan mahdollisimman tarkasti virheen tyyppi ja radan kohta, jossa pakkausvirhettä ilmenee. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen jokainen pakkaus tarkastetaan, kunnes voidaan todeta, että tuotanto on taas virheetöntä.

### 6.3 Ilmapussipakkausten keräys ja pakkausvirheiden tutkinta

Pakkausvirheiden tutkinnassa työmenetelmänä oli kerättyjen ilmapussipakkausten vuodonetsintä. Ensimmäinen ilmapussipakkausten keruun tarkastelujakso oli kahden vuorokauden mittainen ajanjakso joulukuussa. Toinen ja kolmas tarkastelujakso olivat neljän vuorokauden mittaisia, joista toinen keräys toteutettiin tammikuussa ja kolmas keräys helmikuussa. Jaksojen aikana kerätyt pakkaukset tutkittiin ensin silmämääräisesti ja lajiteltiin sekä kirjattiin pakkausvirheen mukaan. Ne ilmapussipakkaukset, joista virhettä ei ollut mahdollista nähdä, tutkittiin kuplatestin avulla vuotokohdan löytämiseksi. Koska osa pakkauksista oli ilmapussiluokituksestaan huolimatta melko tiiviitä, voitiin olettaa, että vuoto on hyvin vähäistä. Näiden pakkausten vuodonetsintä tehtiin ensimmäisellä tarkastelujaksolla herkän vetyanalyysointia avulla.

Keräys ja tutkinta toistettiin kolme kertaa, jotta data oli riittävästi analysointia ja yhteenvetoja varten. Näin eliminointiin myös mahdollisuus satunnaisesti valitun ajanjakson aikana satunnaisesti tapahtuneeseen virheeseen, joka olisi voinut vääristää tulosta. Toiston tulosten perusteella arvioitiin myös pakkaamossa tehtyjen kunnossapitotöiden vaikutusta ilmapussipakkausten määrään ja pakkausvirheiden syihin. Seurattiin, että ovatko kunnossapidon tekemät toimenpiteet poistaneet tietyt virhetyypit kokonaan ja että ovatko kunnossapitotöistä riippumattomat virhesyyt säännöllisesti toistuvia ajankohdasta riippumatta.

Vuodonetsinnässä ei toisessa ja kolmannessa vaiheessa hyödynnetty vetyanalyysointia, sillä se koettiin ensimmäisen tunnistusjakson aikana melko hitaaksi ja epätarkaksi menetelmäksi pakkauksissa esiintyneiden suhteellisen suurten vuotojen etsintään.

## 6.4 Pakkausmateriaalien koeajo

Koeajossa testattiin kahden eri toimittajan materiaalien soveltuvuutta vakuumipakkaamiseen Linjalla 10. Mielenkiinnon kohteena olivat materiaalien muovautuminen ja rakenteen säilyminen lämpömuovauksessa sekä muotoutuminen vakumoidussa pakkauksessa tuotteen muotojen mukaisesti. Lisäksi tutkittiin silmämääräisesti pakkauksen tiiviys ja mikroskooppitutkimuksella näytepakkausten sauman rakenne. Tiiviys tutkittiin yli 24 tunnin varastointitestinä.

Koeajo ajettiin kahdella eri valmistajan alaradalla (Alarata–A, Alarata–B) ja yhdellä yläradalla (Ylärata–X). Ylärata päätettiin koeajon aikana yhdistää kumpaankin alarataan sekä normaalisti käytössä olevaan alakalvoon (Alakalvo–D). Myös kumpikin alaradoista yhdistettiin yläradan lisäksi muoviseen yläkalvoon (Yläkalvo–C).

Muovaus toteutettiin koeajossa suurella muotilla. Perusteluna oli hypoteesi siitä, että muovautuminen pakkauskupiksi on sitä parempi, mitä laajempi muovattava alue on. Tavoitteeksi asetettiin riittävän vetosyvyyden saavuttaminen yhden tuoteannoksen pakkaamiseen.

Pakkauskoneella on ajettulle alakalvolle yläpuolinen esilämmitys ja yläpuolinen painemuovaus. Ennen koeajoa selvitettiin radan maksimipaksuus pakkauskoneelle ja konelinjan leikkureiden soveltuvuus materiaalien leikkaamiseen, jotta voitiin varmistua, että muutos materiaalissa ei vahingoita pakkauskonetta.

## 6.5 Koeajojen pakkausmateriaalit

Pakkausmateriaalien koeajossa testattiin kolmea eri pakkausmateriaalia. Materiaalit koeajoon toimittivat Valmistaja-1 ja Valmistaja-2. Materiaaleihin yhdistettiin koeajossa myös jo aiemmin tuotantokäytössä olleet Yläkalvo–C ja Alakalvo–D.

Koeajon ensimmäisessä osassa alaratana oli Valmistaja-1:n Alarata–A, joka on tuotekehityksen alla oleva pakkausmateriaali. Koeajon toisessa osassa alaradan materiaalina oli Valmistaja-2:n valmistama, jo kaupallinen Alarata–B pakkausmateriaali. Alarata–B on lämpömuovautuva, elintarvikkeiden pakkaamiseen soveltuva materiaali.

Kolmannessa kokeessa ajettiin alaradan sijasta uutta ylärataa yhdessä tavallisesti käytössä olevan Alakalvo–D:n kanssa. Yläradan ajoon toimitti Valmistaja-1. Ajoon valittiin tämä materiaali peelautuvana.

## 6.6 Pakkaustrendien kartoitusmenetelmät

Pakkaustrendien kartoituksessa tehtiin datahakuja seuraavista tietokannoista: Elsevier Science Direct, Wiley Online Library ja Knovel. Hyödynnettyjä hakukoneita olivat Google Scholar ja Google. Lisäksi käytettiin Multivacin Panda -pakkaustietokantaa.

## 7 PAKKAUSTUTKIMUKSEN TULOKSET

Vuotavia pakkauksia tarkasteltiin kokonaismäärien, ilmapussipakkauksia aiheuttaneiden virhetyyppien sekä tuotannollisten ja teknisten seikkojen pohjalta. Tavoitteena oli löytää syy-seuraussuhteita tuotannollisten tai teknisten syiden ja pakkausvirheiden välille. Pakkauksia kerättiin tutkimukseen pisteestä, joissa ilmapussipakkaukset erotellaan biojätteeksi ja hyvät pakkaukset lähetetään edelleen kauppaan. Ilmapussipakkausten kokonaismäärää ja virhesyitä arvioitiin koko tuotepaletin osalta. Tarkastelun alla olivat myös kaikki pakkauskoot. Tuotepalettiin kuuluvat alla taulukossa 1 listatut pakkaukset. Kaikille konetyypeille on tässä työssä esitetty tyypillisimmät viat ja ehdotukset vikojen korjaamiseksi, mutta työn fokus on pakkauslinjoilla 10 ja 20, joilla pakataan taulukon 1 tuotteista seitsemää ensimmäistä, eli S-, Q- ja R-tuotteita. Linjalla 30 pakataan P-tuotteita ja linjalla 40 T-tuotteita.

**Taulukko 1.** Tutkitut tuotteet ja pakkauskoot pakkauslinjoittain.

	Tuote	Pakkauskoko	Pakkauslinja
1	S1	pieni	Linja 10, Linja 20
2	S2	pieni	
3	S3	pieni	
4	Q1+	suuri	
5	R1+	suuri	
6	R2+	suuri	
7	R3+	suuri	
8	P1	pieni	Linja 30
9	P1+	suuri	
10	P2	pieni	
11	T1	keski	Linja 30
12	T2	keski	
13	T3	keski	
14	T1+	suuri	

### 7.1 Katkoseurannan ja -raportoinnin tulokset linjalla 10

Katkoseurannan aikana linjalla 10 oli vain yksittäisiä suoraan havaittaviin ilmapussipakkauksiin johtaneita virheitä. Yksittäiset ilmapussit syntyivät, kun yläkalvon painomerkki oli siirtynyt virheelliseen kohtaan ja pakkaus leikkautui väärästä kohdasta.

Ilmapussipakkaukset poistettiin linjalta ja korjaus painomerkin kohdistukseen tehtiin välittömästi.

Linjalla 10 oli seurannan aikana ajoittain ongelmia ladonnassa. Ladonnan virheet voivat johtua esimerkiksi latojan hihan väliin pudonneesta tuotteesta, johon seuraavat kuljetinta pitkin tulevat tuotteet osuvat. Ladontavirheet aiheuttavat työntekijälle kiireen tuoteannosten asettelussa ja kone voidaan joutua pysäyttämään asettelun ajaksi. Ladonta-alue on vaikeapääsyinen, mutta irralliset tuotteet poistettiin hihnan välistä aina heti kun tuotantohenkilö tilanteen havaitsi.

Laatikoinnin robotin havaittiin seurannassa kohdistavan tuotteita laatikkoon ajoittain virheellisesti. Robotti toimi moitteetta poimiessaan pakkaukset kohtisuoraan linjalta, mutta laitteen sivuun työntämät paketit nousivat herkästi pystyyn ja sivusta nosto epäonnistui. Syynä todettiin olevan ladonnan epätasaisuus kupeissa, jolloin pakkauksen profiili jää epätasaiseksi ja tartuntaelimet eivät saa otetta pakkauksesta tasaisesti. Lisäksi robotti kohdistaa nostamansa pakkaukset liikaa laatikon etureunaan, jolloin pakkauksia putoaa ajoittain linjan ja laatikon välistä robotin alueelle. Nostojen epäonnistuminen ja pakkausten huono kohdistus johtaa siihen, että vajaita poolilaatikoita pääsee ketjussa eteenpäin. Kohdistusongelma havaittiin vain suoraan linjalta tulevilla pakkauksilla, sillä ottaessa pakkauksia sivusta robotti kohdisti oikein, mikäli nosto onnistui. Etukäteen arvioitiin robotin nostojen epäonnistumisella olevan vaikutusta pakkauksen alakalvoon, jonne ennakoitiin syntyvän mekaanisia reikiä tai muita tiiveyteen vaikuttavia jälkiä.

Lisäksi linjan 10 osalta todettiin seurannassa yhdessä henkilöstön kanssa, että ilmapussipakkauksia saattaa linjalla syntyä, mikäli reunanauha menee kerääjällä poikki ja ajautuu linjan hihnojen ja ketjujen mukana linjaa pitkin saumaukseen.

Pakkauskonelinjalla 10 toiminnassa **raportoitiin** tarkastelukaudella eniten ladonnan ongelmista, yhteensä 2 tunnin ja 25 minuutin ajan. Seuraavaksi eniten oli raportoitu vakuumin, eli paineen puuttumisesta, josta odottamista oli kirjattu yhteensä tunnin ja 50 minuutin ajan. Ilmanpaineiden laskeminen on aiheuttanut muista pakkausvirheistä riippumattomia ilmapussipakkauksia. Päivämääräkirjoittimen ja kuljettimien ongelmista oli kirjattu molemmista katkoja yhteensä tunnin ja 35 minuutin ajalta. Saumaus oli aiheuttanut ongelmia yhteensä tunnin ja 20 minuutin ajan.

## 7.2 Katkoseurannan ja -raportoinnin tulokset linjalla 20

Seurannan ensimmäisissä pakkauksissa havaittiin saumassa ruskeaa jälkeä, jonka todettiin johtuvan pesuvesien jäämisestä saumauskammioon, jolloin saumauksen yhteydessä neste paloi kiinni pakkaukseen. Nesteen joutuessa sauman väliin se estää saumaustapahtuman onnistumisen. Ongelma poistui ensimmäisten pakkausten jälkeen. Nämä pakkaukset poimittiin pois linjalta biojätteeseen.

Yläkalvon vaihdon jälkeen ilmapussipakkauksia alkoi tulla säännöllisesti. Salin puoleinen pituussuuntainen leikkaus kulki liian läheltä pakkauksen vakumoitua osaa, noin puolesta välistä saumaa. Lisäksi havaittiin, että leikkausjälki on silminnähten huono ja sauma ei kestä. Ongelma aiheutti sen, että joka toinen pakkaus reunaradasta oli ilmapussipakkaus. Todettiin, että terän alavaste on kulunut ja aiheuttaa huonoa leikkausta. Terät vaihdettiin.

Ilmapussipakkausten syntyminen samaan radan kohtaan jatkui myöhemmin. Ilmapussipakkausten esiintymisen jatkuessa vaihdettiin kunnossapidon toimesta saumauksen tiiviste. Vanhan tiivisteen huomattiin olevan tummunut samasta reunasta, josta sauma pettää. Arvioitiin reunassa olevan muuta saumauslevyä korkeampi saumauslämpö tai -paine. Tämä arvio osoittautui osin oikeaksi, sillä myöhemmin kunnossapito oli havainnut yhden saumauslevyn kolmesta vastuksesta palaneen.

Ilmapussipakkauksia seurannan aikana aiheutti myös yläkalvon kohdistus. Yläkalvo oli hetkellisesti vinossa, josta seurasi, että reunanauha ei mennyt imuriin, vaan jäi hihnan mukana kiertämään linjaa. Reunanauha kulkeutui linjan mukana saumaukseen ja edelleen sauman väliin aiheuttaen ilmapussipakkauksia. Reunanauha saatiin pois kierrosta melko nopeasti pakkaamon henkilökunnan toimesta ja ajo jatkui normaalisti.

**Toimintaraporteissa** konelinjalla 20 merkittävin raportoinnin syy oli saumaus, josta oli kirjattu katkoja yhteensä neljä tuntia. Seuraavaksi eniten kirjauksia oli päivämääräkirjoittimen toiminnalle, yhteensä reilun kolmen tunnin ajan. Ladonnan ongelmista oli kirjattu tunnin ja 45 minuutin ajalta, leikkurin ongelmista tunnin ja 35 minuutin ajalta. Vakuumin puuttumisesta oli raportoitu tunnin ja 30 minuutin ajan.

Lisäksi havaittiin, että verrattuna tuotannon seurantaan, on raporteissa kirjattu robotin ongelmia huomattavasti vähemmän, kuin seurantajaksolla saattaisi olettaa. Syynä saattaa olla myös se, että robotin alueen siivoaminen ja takaisin toimintakuntoon saattaminen kestää häiriötilanteen jälkeen alle viisi minuuttia, joka on raportiin kirjattava ajanjakso.

### 7.3 Ilmapussipakkausten määrä

Ilmautuneiden pakkausten tutkinnassa arvioitiin pakkausvirheet ja virheiden määrät linjakohtaisesti. Liitteestä 1, keräilymäärien vertailu, nähdään, että suurin virheellisten pakkausten prosentti on linjoilla 10 ja 20, joka on linjat yhteen laskien 0,46 prosenttia. Keräilytutkimusten aikana linjojen 10 ja 20 virheellisistä pakkauksista 63–86 prosenttia oli linjalta 20 ja vastaavasti 14–37 prosenttia linjalta 10. Linjan 20 suuremmat ilmautuneiden pakkausten määrät voivat osin selittyä linjan korkeammalla käyttöasteella. Toisaalta pakkauslinja 20 on linjoista vanhempi, joten myös teknisiä syitä virheille on mahdollisesti enemmän. Linjan 30 virheellisten pakkausten osuus on liitteen 1 mukaisesti 0,37 prosenttia kappalekeräilymäärästä. Linjan 40 ilmautuneiden

pakkausten osuus on 0,31 prosenttia kappalekeräilymäärästä. Tarkempi linjakohtainen erittely virheistä ja niiden syistä on kappaleissa 7.4, 7.5 ja 7.6.

## 7.4 Pakkausvirheet linjalla 10

Linjalla 10 havaittiin sekä teknisiä, että toiminnallisia syitä ilmapussipakkausten syntymisen syiksi. Taulukossa 2 on esitetty kappalemäärinä linjalla 10 havaitut ilmautuneiden pakkausten virheet kaikkien toteutuneiden keräilyjen aikana. Toiminnallisiin syihin luetaan pakkausvirheet tuotetta saumassa ja reunanauhaa pakkauksessa, teknisiä syitä ovat muut pakkaussyyt. Tekniset syyt ovat joko koneeseen tai materiaaliin liittyviä. Materiaalin kestävyys liittyvät lisäksi mekaaniset kuormitukset.

**Taulukko 2.** Ilmautuneiden pakkausten virheet linjalla 10

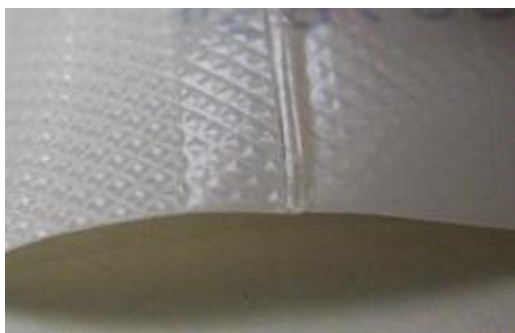
LINJA	10				
KERÄILY	1. erä	2. erä	3. erä	YHT.	
Alakalvon kulma	3	105	30	138	30 %
Vekki saumassa	17	19	97	133	29 %
Tuotetta saumassa	14	63	16	93	21 %
Saumaustekninen vika	8	21	17	46	10 %
Leikkausvirhe	0	0	17	17	4 %
Mekaaninen reikä alakalvo	1	5	6	12	3 %
Reunanauhaa pakkauksessa	0	9	0	9	2 %
Mekaaninen reikä yläkalvo	2	1	1	4	1 %
YHTEENSÄ (kpl)	45	223	184	452	100 %

Kokonaisuutta tarkastellessa alakalvon kulma oli tutkimuksen aikana merkittävin pakkausvirheen aiheuttaja linjalla 10. Alakalvon kulma-alueen reiät havaittiin kuplatestin yhteydessä. Alakalvon kulma oli ilmautumisen aiheuttajana yhteensä 30 prosentissa kaikista linjan ilmapussipakkauksista. Ensimmäisen keräyksen yhteydessä tätä pakkausvirhettä ei juuri esiintynyt, mutta toisessa keräyksessä pakkausvirhe oli jo merkittävä. Kulmassa olevia reikiä esiintyi pääasiassa suurimmassa pakkauskoossa. Toisen keräyksen jälkeen linjan muottien alumiinisten pohjien epätasaisuudet hiottiin huollon toimesta. Huoltotoimenpide näkyi kolmannessa tutkinnassa ongelman selvänä vähenemisenä. Kolmannen tutkintakerran yhteydessä suurin osa (28 kappaletta) alakalvon kulman ilmautuneista pakkauksista oli erästä, jossa koeajettiin toista alakalvon materiaalia. Ilmapussipakkausten määrä tällä vikasyyllä olisi todennäköisesti jäänyt vielä pienemmäksi tavanomaisella kalvolaadulla ajettaessa. Alakalvon kulman puhkeamiseen saattaa vaikuttaa myös liian korkea muovauslämpötila. Tutkinnassa



todettiin, että alakalvon materiaalin suositus muovauslämpötilalle on 75–100 °C ja koneen asetus oli aivan ylärajan 100 °C. Tämä tiedotettiin myös huollolle.

Toiseksi yleisin syy pakkauksen hylkäämiseen linjalla 10 oli vekki saumassa 29 prosentin osuudella kaikista ilmapussipakkauksista. Linjalla 10 vektejä esiintyi erityisesti 300 gramman pakkauksilla. Vekkejä oli sekä yläkalvon, että alakalvon puolella. Yläkalvon vekiä olivat pakkauksissa yleensä niiden ylä- ja puolien saumoissa suuntautuen kulman vierestä sauman läpi. Kapillaarimaiset vekiä taas kohdistuivat sivusauman puolelta sauman kulman läheisyydestä sauman läpi. Kapillaarimainen vekki on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Vekki saumassa ”kapillaari”.

Kolmanneksi yleisin syy virheellisen pakkauksen hylkäämiseen tutkinta-aikana oli tuotetta saumassa yhteensä 21 prosentin osuudella tutkituista pakkauksista linjalla 10. Tuotteen jääminen sauma-alueelle on tässä työssä esitetty toiminnallisena ongelmana, sillä sen arvioidaan johtuvan tuotteen asettelun virheistä ja laadunvalvonnan tarkkuudesta. Pakkausvirheessä tuote ei ole ennen saumaustapahtumaa asettunut kuppiin suunnitellusti, tai kupin reunoille on joutunut tuotteen osia tai tuoteperäistä nestettä. Ylä- ja alakalvojen väliin jäädessään tuote tai tuoteperäinen neste estää tiiviin saumauksen onnistumisen.

Saumaustekninen vika toistui linjan 10 virheistä noin 10 prosentissa tutkimuksen ilmapussipakkauksista. Vikasyys toistui kaikissa kolmessa keräilyssä samassa suuruusluokassa. Saumausteknistä vikaa voi aiheuttaa esimerkiksi saumauslevyn likaantuminen tai vastuksen palaminen levystä. Saumaustekninen vika näkyy yleensä välittömästi ilmapussipakkauksina jo linjalla, joten ongelma voidaan korjata havainnon jälkeen melko nopeasti. Avainasemassa saumausteknisen vian poistamisessa on tuotantohenkilöstön nopea havainnointi ja toiminta siten, että tuotanto pysäytetään ja huoltohenkilö kutsutaan paikalle.

Alle 10 prosentin osuudella olevia pakkausvirheitä ei ole käsitelty tässä tarkemmin, sillä niitä ei nähdä tutkimuksen jo ilmapussien kokonaismäärien vähentämisen kannalta merkittäviksi. Myös syy-seuraussuhteiden selvittäminen on hankalaa otosmäärän ollessa

pieni. Kuten saumaustekninenkin vika, niin myös leikkausvirhe havaitaan tuotannossa yleensä nopeasti jo pakkauslinjalla ja se korjataan välittömästi havainnon jälkeen. Syistä mekaaniset reiät ylä- ja alakalvossa syntyvät usein vasta itse pakkauslinjan jälkeen, joten ne kertovat pakkausmateriaalin kyvystä kestää räsitusta logistiikan aikana.

Ennalta oletettiin, että teknisistä syistä robotin kohdistusongelmalla olisi vaikutusta mekaanisiin vaurioihin pakkauksissa. Linjalla 10 robotin kohdistusongelmalla ei kuitenkaan näytä arvioitujen pakkauksivirheiden mukaan olevan vaikutusta pakkausmateriaalin kestävyys. Linjalla 10 kirjattiin jokaisen kolmen tutkimuskerran yhteydessä vähemmän pakkauksen alakalvon mekaanisia reikiä, kuin linjalla 20. Sen sijaan pakkauksella havaittiin olevan vaikutusta robotin toimintaan. Koska muodostunut pakkaus on nykyisellä vetosyvyydellä vakumoinnin jälkeen niin tiivis, että se taipuu jopa hieman kaarelle, eivät robotin tartuntaelimet aina saa pakkauksesta kunnon otetta, jolloin syntyy häiriö robotille.

## 7.5 Pakkausvirheet linjalla 20

Myös linjalla 20 havaittiin sekä teknisiä, että toiminnallisia syitä ilmapussipakkausten syntymisen syiksi. Linjan 20 ilmautuneiden pakkausten virhesyyt kappaleina kaikista kolmesta keräilystä löytyvät taulukosta 3.

**Taulukko 3.** Ilmautuneiden pakkausten virheet linjalla 20.

LINJA	20				
KERÄILY	1.erä	2. erä	3. erä	YHT.	
Vekki saumassa	153	373	102	628	52 %
Reunanauhaa pakkauksessa	3	51	113	167	14 %
Tuotetta saumassa	16	84	40	140	12 %
Saumaustekninen vika	89	29	15	133	11 %
Mekaaninen reikä alakalvo	3	27	32	62	5 %
Alakalvon kulma	21	12	7	40	3 %
Leikkausvirhe	1	24	3	28	2 %
Mekaaninen reikä yläkalvo	6	1	2	9	1 %
YHTEENSÄ (kpl)	292	601	314	1207	100 %

Linjalla 20 selvästi yleisin pakkausvirhe eli ilmapussipakkauksen aiheuttaja oli vekki saumassa alakalvon puolella. Kuten taulukon 3 perusteella voidaan todeta, niin syynä vekki saumassa toistui jokaisella tutkintakerralla, eikä sen siten voida olettaa johtuvan tilapäisestä viasta, vaan se on säännöllisesti toistuva pakkausvirhe. Tutkinnassa havaittiin sekä kapillaarimaisia vekoja että kaarevia vekoja sauma-alueilla.

Kapillaarimaiset vekiä muodostuivat pääasiassa pienillä pakkauksilla yläkulman läheisyydestä, sivusauman puolelta sauman läpi. Yläkalvon puoleisia vekkettä ei linjalla 20 esiintynyt.

Vekkien syntyminen todennäköiseksi syyksi todettiin saumaustyökalun välitys. Työkalun osat pääsevät saumaustapahtuman aikana liikahtamaan hieman, joka aiheuttaa vekkien syntyminen sauma-alueelle. Saumaustyökalun uusien osien asentamisen oletetaan tuovan ratkaisun ongelmaan. Osaltaan erityisesti suurilla pakkauksilla todettuihin kaareviin vekkettä oletetaan olevan syynä myös kupin koko, joka on tuoteannokseen nähden hieman liian pieni, jolloin alakalvo joutuu saumaustapahtumassa ”kurkottamaan” kohti yläkalvoa.

Reunanauhaa pakkauksessa oli linjan 20 ilmapussipakkausten aiheuttajista toiseksi suurin syy tutkintakertojen aikana. Reunanauhaa joutuu linjan kiertoon ja sitä kautta muovaus- ja saumausasemilla pakkaukseen, kun reunanauha katkeaa kelalta tai reunanauhaimurilta. Linjalla 20 on käytössä reunanauhaimuri. Ensimmäisessä keräyksessä tämän vikasyyn vuoksi hylättyjä pakkauksia oli kolme kappaletta, jota voidaan pitää tavallisena määränä, sillä reunanauhan katkeaminen prosessin aikana on tyypillistä. Toisessa keräilyssä reunanauhaa kuitenkin löytyi peräti yli 50 pakkauksesta ja kolmannessa tutkinnassa peräti yli sadasta pakkauksesta. Näin suuria tuotannosta läpi päässeitä määriä ei enää voida pitää hyväksyttävänä, vaan niihin on puututtava. Reunanauhan katkeaminen havaitaan tuotannossa yleensä nopeasti, joten oleellista on pysäyttää tuotanto tai lopettaa tuoteannosten pakkaaminen, kunnes kaikki irrallinen reunanauha on saatu linjan kierrosta pois. Pääosa reunanauhaongelmista kohdentui samoihin tuote-eriin, joiden aikana reunanauhan katkeaminen oli jäänyt huomaamatta tai muusta syystä poistamatta linjan kierrosta.

Reunanauha aiheuttaa pakkauksen ilmautumisen jäädessään sauman väliin, mutta myös jäädessään saumauslevyn pintaan. Saumauslevyn pintaan jäänyt reunanauhan kappale toimii eristeenä saumauslevyn ja saumattavan kalvopinnan välissä, jolloin saumaus epäonnistuu, eikä pakkaus ole tiivis.

Kolmanneksi yleisin syy 12 prosentin osuudella kaikista linjan 20 ilmapussipakkausista oli tuotetta saumassa. Asettelu linjalla 20 tehdään vastaavasti, kuin linjalla 10, joten myös vikasyyn taustat ovat linjojen välillä yhtenevät.

Saumaustekninen vika esiintyi 11 prosentissa linjan ilmapussipakkausista. Ensimmäisessä tutkinnassa saumausteknisen vian vuoksi hylättyjä pakkauksia kirjattiin 89 kappaletta. Tutkimuksen aikana syyksi löytyi tuoteperäisen neste tippuminen latojan jälkeen linjalle kalvon päälle. Neste kalvolla esti saumauksen onnistumisen saumausasemalla. Ongelma korjattiin ladonnan jälkeisen suoja Pellin asennon muutoksella, jolla neste ohjattiin pois linjalta. Toisen tutkinnan yhteydessä saumausteknisiä virhesyitä kirjattiin enää 29 kappaletta ja kolmannen keräyksen yhteydessä 15 kappaletta, jotka ovat samaa suuruusluokkaa, kuin linjalla 10 esiintyneet saumaustekniset viat.

Muut kirjatut vikasyyt mekaaninen reikä alakalvossa, mekaaninen reikä yläkalvossa, alakalvon kulma ja leikkausvirhe esiintyivät kaikki otoksissa niin pieninä määrinä, että niillä ei kokonaisuuden kannalta ole merkitystä. Kaikkien näiden syiden prosentuaalinen osuus kaikista linjan tutkituista ilmapussipakkauksista oli alle viisi prosenttia.

## 7.6 Pakkausvirheet muilla pakkauslinjoilla

Linjan 40 T-tuotteilla pakkausvirheisiin johtaneista syistä yleisimmät olivat taulukon 4 mukaisesti vekki saumassa 28 prosentin osuudella ja tuotetta saumassa 23 prosentin osuudella. Yli 10 prosentin osuus virhetypeistä oli myös mekaanisilla rei'illä ylä- ja alakalvoissa, leikkausvirheellä ja saumausteknisellä vialla. Eri virhetyyppien jakauma linjalla 40 oli selvästi laajempi kuin muilla tuotteilla, joten T-tuotteiden pakkauksille ei voida osoittaa hallitsevaa pakkausongelmaa.

**Taulukko 4.** T-tuotteiden pakkausvirheet ruokamakkarapakkaamon linjoilla.

LINJA	40				
KERÄILY	1. erä	2. erä	3. erä	YHT.	
Vekki saumassa	7	37	22	66	28 %
Tuotetta saumassa	8	24	21	53	23 %
Mekaaninen reikä yläkalvo	3	7	20	30	13 %
Saumaustekninen vika	2	11	17	30	13 %
Leikkausvirhe	8	17	4	29	12 %
Mekaaninen reikä alakalvo	6	5	13	24	10 %
Alakalvon kulma	3	0	0	3	1 %
YHTEENSÄ (kpl)	37	101	97	235	100 %

T-tuotteiden pakkauksissa havaittiin kuitenkin suhteellisesti muita pakkauksia enemmän mekaanisia reikiä yläkalvossa ja alakalvossa. Koska käytettävä muovimateriaali T-tuotteilla on eri kuin linjan 20 Q-, R- ja S-tuotteilla, voidaan päätellä, että T-tuotteiden kalvomateriaali on mahdollisesti hauraampi ja siten alttiimpi mekaanisille rasituksille. T-tuotteilla käytettävä kalvo on muita pakkaamisessa käytettyjä kalvoja ohuempaa, ja lisäksi muilla tuotteilla käytetyistä kalvoista poiketen polypropeenipohjaista.

P-tuotteiden pakkauslinjan 30 ilmautuneiden pakkausten virhesyyt on esitetty taulukossa 5. P-tuotteilla selvästi merkittävin syy ilmapussipakkauksiin oli vekki saumassa. Tämän pakkausvirheen prosenttiosuus kaikista virheistä on niin suuri, että muiden pakkausvirheiden voidaan päätellä olevan kokonaisuuden kannalta lähes merkityksettömiä.

**Taulukko 5.** *P-tuotteiden pakkauslinjan 30 pakkausvirheet.*

LINJA	30				
KERÄILY	1. erä	2. erä	3. erä	YHT.	
Vekki saumassa	49	96	57	202	78 %
Saumaustekninen vika	3	2	12	17	7 %
Alakalvon kulma	8	5	0	13	5 %
Mekaaninen reikä alakalvo	3	2	5	10	4 %
Leikkausvirhe	1	3	4	8	3 %
Mekaaninen reikä yläkalvo	5	0	0	5	2 %
Tuotetta saumassa	1	2	0	3	1 %
YHTEENSÄ (kpl)	70	110	78	258	100 %

Kun aiemmin arvioitiin Q-tuotteen pakkauksen kupin olevan tuoteannokselle hieman liian pieni, niin P-tuotteiden pakkauksilla taas voidaan olettaa lämpömuovauksen kupin olevan liian suuri pakattavalle annosmäärälle, sillä tuotteella jäi selvästi liikaa tyhjää tilaa kuppiin, jolloin tyhjä kupin osa jää pussittamaan ja joutuu saumaustilanteessa kalvojen väliin. Pussittamista voi aiheuttaa myös liian korkea muovauslämpötila, jolloin kalvomateriaali pääsee venymään liikaa.

P-tuotteiden pakkauslinjan esilämmityksen lämpötilaa laskettiin toisen tutkintakerran jälkeen. Tämä poisti tutkimuksen mukaan alakalvon kulman virheet kokonaan, kun materiaali ei enää venynyt korkean lämpötilan vuoksi liikaa. Vekkien määrä väheni toimenpiteen jälkeen selvästi. Ilmautumisen aiheuttavia vektejä saumassa esiintyi silti pakkauksissa edelleen lievempinä. Muita määrällisesti merkittäviä syitä pakkausvirheiden syntymiseen P-tuotteiden pakkauslinjalla ei löytynyt.

## 7.7 Korjaavat toimenpiteet

Linjojen ajoparametrit tarkastettiin ja niitä verrattiin sekä pakkauskonelinjan toimittajan että kalvovalmistajan ohjearvoihin. Näin voitiin varmistua, että havaitut virheet eivät johdu muuttuneista arvoista. Valmistajien ohjearvot, sekä linjojen 10 ja 20 asetetut parametrit löytyvät tuotteittain taulukosta 6.

**Taulukko 6.** *Alakalvon muovaus- ja saumauslämpötilojen ohjearvot ja asetukset.*

Tuote / pakkausko	KONETOIMITTAJA	KALVOVALMISTAJA	LINJA 10			LINJA 20		
	Pakkausko	Alakalvo-D	PIENI	KESKI/ISO	ISO	PIENI	KESKI/ISO	ISO
Muovauslt [°C]	80-130	75 - 100	95	95 - 98	100	95 - 96	95 - 97	95 - 96
Muovausaika [s]	2,0	1-3	2,0	2,0	2,2	1,0	1,2	1,2
Saumauslt [°C]	110 - 150	120 - 140	130 - 137	130 - 131	135	130 - 135	130 - 134	130 - 131
Saumausaika [s]	0,5 - 2	0,8-2	1,1	1,1	1,2	0,8	1,0	1,0

Kuten taulukosta 6 havaitaan, muovausaika, saumausaika ja -lämpötila ovat ohjearvojen mukaisia. Muovauslämpötila sen sijaan näyttäisi olevan aivan alakalvon valmistajan ilmoittamien ohjearvojen ylärajalla. Muovauksen esilämmityksen lämpötilaa on mahdollisesti jouduttu nostamaan huonon muovautuvuuden vuoksi pikkuhiljaa. Nyt arvon ollessa esimerkiksi isolla pakkauksella jo 100 °C, nousee todellinen lämpötila todennäköisesti pitkässä ajossa ajoittain jopa reilusti yli asetetun, jolloin ohjearvot ylittyvät. Koska linjoilla on havaittu aiemmin ongelmana ilma lämmityslevyn ja kalvon välissä, on mahdollista, että lämpötilaa on jouduttu tämän vuoksi nostamaan. Ilma pintojen välissä aiheuttaa sen, että kalvo ei lämpene ennen muovausta tasaisesti, eikä siten myöskään muovaudu toivotulla tavalla.

Koska muovauksen esilämmityksen lämpötilaa ei enää ole mahdollista nostaa, on koneen muita säätöjä muutettava siten, että esilämmitys toimii tarkoituksenmukaisella tavalla, mikäli ongelmaan ei vielä ole puututtu. Liian korkea muovauslämpötila vaikuttaa kalvomateriaalin ominaisuuksiin ja voi aiheuttaa esimerkiksi vekkien muodostumista ja alakalvon kulman liiallista ohenemista, ja siten ilmapussipakkauksia.

Muita kummallekin linjalle yhteisiä pakkausvirhesyitä olivat tuotetta saumassa ja reunanauhaa pakkauksessa tai sen saumassa. Tuotetta saumassa -pakkausvirheen syynä ovat ladonnan ja asettelun virheet, pakkauskupin ylitäyttö joillakin pakkauksilla sekä mahdolliset laadunvalvonnan ongelmat. Reunanauha aiheuttaa katketessaan ja linjan kiertoon joutuessaan usein saumauksen epäonnistumisen ja siten ilmapussipakkauksen. Kumpikin mainituista pakkausvirhetyypeistä on vähennettävissä toiminnallisia asioita kehittämällä ja niihin esitetään tarkempia toimintamalleja kappaleessa 7.7.4, laadunvalvonnan ohjeistus.

### 7.7.1 Korjaavat toimenpiteet linjalla 10

Alakalvon kulma oli merkittävin pakkausvirheiden aiheuttaja linjalla 10. Ensimmäisen tutkimuksen yhteydessä tällä pakkausvirheellä ei vielä mainittavissa määrin ollut viallisia pakkauksia, mutta toisen tutkintakerran yhteydessä alakalvon kulman pakkauksia kirjattiin jo yhteensä 105 kappaletta. Havainnon jälkeen linjan 10 muottien kuluneet pohjat hiottiin ja kolmanteen tutkintakertaan alakalvon kulman virhepakkaukset vähenivät alle kolmannekseen edellisestä. Alumiiniset muotit kuluvat käytössä ja erityisesti muottikokojen päivittäisten vaihtojen yhteydessä. Muottien uusimista ehdotetaan toimenpiteeksi lähitulevaisuudessa, sillä suurimpia kulumia ei ole mahdollista poistaa hiomalla. Huolellisuus ja varovaisuus muottien käsittelyssä ja säilytyksessä voi auttaa pidentämään muottien käyttöikää.

Alakalvon kulman rikkoutumiseen voi vaikuttaa myös muotin ja kalvomateriaalin välinen kitka, kun muodostettu kuppi nostetaan jäähdytettynä ylös muotista. Muottien kesto voidaan mahdollisesti pidentää sekä muotin ja kalvomateriaalin välistä kitkaa

vähentää oikein valitulla pinnoitteella. Pinnoitteen käyttöä suositellaan samasta syystä harkittavaksi myös saumauskammion työkalun pintaan.

Materiaalipohjaisista ratkaisuista paremmin muotoutuva kalvomateriaali voi auttaa osaltaan vähentämään alakalvon kulman rikkoutumista. Materiaalien kehittyessä paremman muovautuvuuden omaava materiaali voi jopa nykyistä kalvoa ohuempaan tuoda parempia tuloksia.

Valmistajan tekemissä tutkimuksissa käytössä olevassa kalvossa Alakalvo-D on havaittu ns. kylmänarpia, eli kalvon esilämmitysvaiheessa on jäänyt ilmaa kalvon ja esilämmityslevyn väliin. Tämä aiheuttaa kalvon jäämisen osittain liian kylmäksi ja siten sen muovautuminen heikkenee. Saman tutkimuksen yhteydessä kalvopaksuuden havaittiin ohuimmillaan olevan 30 mikronia, joka on riittävä paksuus kalvon suojausominaisuuksien ja mekaanisen kestävyuden säilymiselle. Ehdottoman suositeltavaa ennen muita ehdotettuja toimenpiteitä on selvittää, mitä valmistajan havaitseman ongelman poistamiseksi on tehty ja mikäli ongelma on edelleen olemassa, tehdä tarvittavat toimenpiteet sen poistamiseksi.

Yllämainittu epätasaisen muovautumisen aiheuttaja vaikuttaa myös muovauslämpötilan nostamisvaateeseen. Käytetty muovauslämpötila on tällä hetkellä valmistajan ilmoittamien ohjearvojen yläpäässä. Lämpötilaa on siis voitu joutua nostamaan huonon muovautuvuuden vuoksi, eikä lämpötilan nostaminen enää ole ylärajan saavuttamisen vuoksi mahdollista. Mikäli ilmamäärää esilämmityslevyn ja kalvon välistä voidaan säästöjen avulla vähentää, voidaan mahdollisesti myös esilämmityksen lämpötilaa laskea. Kun saavutetaan parempi muovautuvuus pienemmällä lämpötilalla, säästetään sekä energiakustannuksissa, että hylättyjen pakkausten määrässä.

### 7.7.2 Korjaavat toimenpiteet linjalla 20

Ensimmäisen tutkintakerran yhteydessä linjalla 20 havaittiin pakkauksissa saumausteknistä vikaa. Ongelmaa selvitettiin heti havainnon jälkeen. Pakkausten sauma-alueen havaittiin olevan muuta materiaalia sameampi, josta pääteltiin sauman väliin joutuvan tuoteperäistä nestettä. Syy löydettiin linjalta nopeasti; ladonnan jälkeen olevan ketjujen suojapellin asento oli muuttunut siten, että neste pääsi ladonnasta tippumaan alakalvon saumattavan pinnan päälle. Neste ohjattiin pois linjalta suojapellin asennon muutoksella, joka vähensi saumausteknisen vian määrää 30 prosentista viiteen prosenttiin kaikista linjan ilmapussipakkausten virheistä.

Merkittävimmissä osassa linja 20 ilmapussipakkauksia pakkausvirheen aiheuttaja oli vekki saumassa. Vekkejä esiintyi kummallakin linjalla, mutta kuitenkin selvästi enemmän linjalla 20. Vekkien syntymiseen arvioidaan olevan useita eri syitä, johtuen erityyppisten vekkien ilmenemisestä. Aiemmin on alakalvon vekeille esitetty yhdeksi syyksi alakalvon muovauksen esilämmityksen liian korkeaa lämpötilaa. Usein vekkejä

aiheuttaa linjan ketjujen eriaikainen kulku, mutta yhdessä huollon kanssa tehdyn selvityksen jälkeen todettiin, että tätä ongelmaa linjalla 20 ei ole. Sen sijaan saumaustyökalun liikkeessä on havaittu välystä. Mikäli saumaustyökalun kohdistus ei ole oikea tai työkalu pääsee liikahtamaan juuri saumauksen aikana, tulee sauma-alueelle vekki. Havainnon jälkeen saumaustyökaluun tilattiin uusia osia, jotka on tarkoitus asentaa koneeseen mahdollisimman pian. Tämän toivotaan vähentävän vekkien määrää pakkauksissa selvästi.

Kolmas mahdollinen syy vekkien syntymiseen linjalla 20 on liian matala kuppi erityisesti suuremmilla pakkauksilla. Kun kuppi on liian täynnä, alakalvo venyy saumaustapahtuman yhteydessä ja venymisen yhteydessä saumaan jää vekki. Korjaavana toimenpiteenä ehdotetaan muotin syventämistä viidellä millimetrillä, jolloin tuoteannos asettuu kuppiin tasaisesti ja alle kalvotason. Vekkien vähenemisen lisäksi kupin syventämisellä on myös muita etuja; kun pakkaus on tasapainoisempi, robotin häiriöt vähenevät. Kun annos on kuppiin nähden sopiva, niin asettelun kriittisyys vähenee ja tuotetta ei jää niin herkästi sauman väliin. Myös liian täyden kupin aiheuttama kuormitus saumausaseman ja leikkauksen osiin vähenee ja osien käyttöikä pitenee. Viiden millimetrin muutos syvävetoon ei valmistajan ohjearvojen mukaan kalvolla Alakalvo–D vaikuta kalvon ominaisuuksiin.

Kupin syvyyden muutoksen yhteydessä koko pakkaushenkilöstöä on informoitava muutoksesta tehokkaasti. Muutos pakkauskupin syvyydessä muuttaa totuttua asettelua ja tuotteiden määrä kupissa on vaikeampi arvioida, jolloin saatetaan pakata liian suuri annos tuotetta. Koska nopeatahtisen asettelun aikana tuotteita ei ole mahdollista laskea, ehdotetaan linjanopeuden laskemista kuppien syvyyden muutoksen jälkeiseksi ajaksi, kunnes tuntuma uuteen pakkauskupin kokoon vastaa entistä. Muutoksen yhteydessä on myös tarkkailtava pakkausten sivuseinämiä. Sivuseinämien on pysyttävä korkeampinakin yhtä tiiviinä ja jäykkänä, jotta seinämä ei leikkaannu pitkittäisleikkauksen yhteydessä.

### 7.7.3 Korjaavat toimenpiteet muilla pakkauslinjoilla

Linjan 30 muovauksen esilämmityksen lämpötilan laskeminen vaikutti selvästi pakkauksissa esiintyneisiin alakalvon kulman reikiin ja pussittamisesta johtuviin vekkeihin. Optimaalisemman lämpötilan vuoksi alakalvon kulmaa pakkausvirheenä ei enää kolmannessa tutkinnassa esiintynyt ja alakalvon pussittamista pakkauksissa ei ollut nähtävissä. Pakkauksissa oli edelleen vektejä saumassa, mutta ne olivat selvästi aiempaa lievempiä. Edelleen laskemalla esilämmityksen lämpötilaa ja ottaen huomioon muiden parametrien optimoinnin, voidaan tällä keinolla todennäköisesti vielä vähentää vekkien määrää.

Myös Linjalla 40 havaittiin pakkausvirheenä vektejä saumassa, mutta näitä oli kuitenkin selvästi vähemmän kuin muilla pakkauslinjoilla. T-tuotteilla havaittiin



kuitenkin muita tuotteita enemmän mekaanisia reikiä ylä- ja alakalvoissa. Mekaanisen reiät pakkauskalvoon syntyvät usein vasta logistiikassa pakkauslinjan jälkeen. T-tuotteiden pakkausmateriaali on muista tuotteiden pakkausmateriaaleista poiketen polypropeenipohjaista sekä muihin kalvoihin verrattuna ohuempaa. On siis mahdollista, että T-tuotteiden pakkausmateriaali on ominaisuuksistaan johtuen alttiimpaa mekaanisille rasituksille. Pakkauksen herkkyyttä mekaanisille rasituksille voidaan vähentää pakkausmateriaalin muutoksilla.

#### 7.7.4 Laadunvalvonnan ohjeistus

Teknisten toimenpiteiden lisäksi pakkauslinjoille laadittiin laadunvalvonnan ohjeistus. Laadunvalvonnan avulla pyritään siihen, että mahdollisimman suuri osa ilmapussipakkauksista havaitaan jo heti pakkaamisen jälkeen, sillä virheellisten pakkausten kustannus kasvaa keräilyn, jakelun ja kuljetuksen sekä kaupan hyvitysten myötä. Mitä aiemmin virhepakkaukset havaitaan, sitä pienempi kustannus virhepakkauksille on. Kun virhesyyn jäljille päästään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, se voidaan myös korjata ennen kuin virheellisiä pakkauksia ehditään tuottaa merkittäviä määriä.

Laadittu laadunvalvonnan ohjeistus toimii tietopakettina ilmapussipakkausten välttämiseksi. Se sisältää tiedot virheellisten pakkausten kokonaismääristä, jotta ongelmakokonaisuus tulisi tiedoksi myös tuotantohenkilöille. Ohjeistuksessa on huomioitu sekä tuotannon toiminnalliset, että tekniset pakkausvirheet, niiden havaitseminen ja välttäminen. Ohjeistus tuo esiin suositeltavia päivittäisiä menettelyjä tuotannon erilaisiin tarkastuksiin ja kertoo selkeästi tekstein ja kuvin, miten tunnistaa teknisistä syistä johtuvia pakkausvirheitä suoraan pakkauksista. Ohjeen tavoitteena on, että sen sisältämä informaatio on apuna ilmapussipakkausmäärien ja siten kustannusten vähentämisessä. Ohjetta voi käyttää osana tuotantohenkilöiden koulutusta ja uusien työntekijöiden perehdytystä.

Ohjeistuksessa erilaiset menettelyt jaetaan ennen ajon alkamista suoritettaviin tarkastuksiin ja ajon aikana tehtävään tarkkailuun. Lisäksi ohjeessa esitetään käytettäväksi neljää erityyppistä tarkastusmenettelyä pakkausten päivittäiseen ilmapussiseurantaan. Seuraavassa on auki kirjoitettuna ohjeistuksen keskeisin sisältö:

Ennen ajon alkamista tulee tarkastaa linjan puhtaus; että linjalla ei ole sinne kuulumatonta likaa tai nestettä. Kalvorullan suojamuovin poisto tulee tehdä pakkaustarvikevarastossa ja se tulee laittaa takaisin, mikäli rulla viedään takaisin varastoon. Rulla tulee silmämääräisesti tarkastaa, jolloin sen voidaan todeta olevan ehjä (kolhuton) ja puhdas. Lisäksi on tarkastettava, että kalvomateriaali on oikea tuotantoon tulevalle tuotteelle. kalvorullasta otetaan arkistointia varten talteen etiketti, ja siihen merkitään päivämäärä, kellonaika ja linjan numero.

Ajon aikana tulee kiinnittää huomiota ladonnan tasaisuuteen. Tuote ei saa kohota kupista yli kalvotason, vaan sen tulee asettua kuppiin tasaisesti. Yli kalvotason menevä tuote voi vahingoittaa saumaustyökalua ja leikkuria sekä aiheuttaa saumauksen epäonnistumisen. Yli kalvotason ulottuva tuote jättää myös likaa laitteisiin ja voi sitä kautta siirtyä seuraaviin pakkauksiin. Laitteiston likaantuminen myös heikentää esimerkiksi saumauksessa lämmön ja paineen välittymistä materiaaliin, jolloin lika alkaa vaikuttaa lämpötilan nostamisen vaateeseen. Kaikki edellä mainituista syistä aiheuttavat ilmapussipakkauksia.

Ajon aikana kalvorullan liitoskohtaa tulee seurata, ja liitoskohdan iskun pakkaukset tulee poistaa linjalta. Kalvon liitoskohta ei ole tiivis, joten se aiheuttaa aina ilmapussipakkauksia ja siten tuotteen nopean pilaantumisen.

Ohjeistuksessa esitetään, että reunanauhan katketessa tuotanto tulisi pysäyttää, kunnes kaikki reunanauha on poistettu pakkauslinjan kierrosta. Koska reunanauhaa ei aina ole mahdollista saada pois koneen ollessa pysäytettynä, on vaihtoehtoinen menettely keskeyttää tuotteen pakkaaminen kuppeihin ja ajaa tyhjää rataa, kunnes varmistutaan, että kaikki reunanauha on saatu poistettua. Reunanauha aiheuttaa pakkauksen ilmautumisen jäädessään sauman väliin, tai jäädessään saumauslevyn pintaan. Saumauslevyn pintaan jäänyt kalvon kappale toimii eristeenä saumauslevyn ja saumattavan kalvopinnan välissä, jolloin saumaus epäonnistuu.

Ohjeistus kehottaa ilmapussipakkauksia tai pakkausvirheitä havaitessa pysäyttämään tuotannon ja mikäli mahdollista, selvittämään mistä virhe voi johtua. Mikäli syytä ei voida havaita tai itse korjata, on kutsuttava paikalle esimies tai huoltomies. Tuotantohenkilöstö saa tehdä vain heille erikseen määritellyjä töitä.

Pakkaustarkastuksia ehdotetaan tehtäväksi ajon alkaessa, kalvoa vaihtaessa, formaattia vaihtaessa, koneen osien vaihdon jälkeen, koneen häiriön korjaamisen jälkeen sekä pitkissä ajoissa pistokoemaisesti erikseen määritetyn tuotantomäärän välein. Pakkausten tarkastukset jaetaan ohjeessa neljään. Ensimmäisenä kuvaillaan yleisseuranta, toisena on katsetarkastus, kolmas kohta kuvaa pistokoetarkastuksen ja neljännessä kohdassa esitetään varastointitestin suorittaminen.

Yleisseuranta kuuluu jatkuvasti tehtävään tuotannon tarkkailuun. Siihen kuuluvat kalvon kulun seuranta, painomerkin kohdistuksen seuranta, pakkausten tiiviiden seuranta ennen laatikointia, reunanauhan kulun seuranta sekä linjaston puhtauden seuranta.

Katsetarkastus eli silmämääräinen tarkastus tehdään ajon alkaessa, kalvon vaihdon jälkeen ja koneen korjauksen jälkeen. Katsetarkastuksessa varmistetaan oikea saumaleveys, sauman tiiviyys ja puhtaus sekä vekittömyys. Lisäksi tarkastetaan, että koko pakkaus on tiivis, ehjä ja puhdas kummaltakin puolelta. Myös päivämäärämerkintä tarkastetaan samassa yhteydessä. Katsetarkastukseen kuluu silmän harjaantuessa aikaa korkeintaan muutamia sekunteja pakkausta kohden.

Pistokoe tehdään pakkauksille pitkissä ajoissa määrävälein, tai kun epäillään pakkausvirhettä. Pistokokeessa tarkastetaan samat asiat kuin katsetarkastuksessa. Pistokoe tehdään kuitenkin aina vähintään kahdelle kokonaiselle iskulle, sillä osa pakkausvirheistä voi toistua vain joka toisessa pakkauksessa, tai ainoastaan iskun reunimmaisessa tai keskimmaisessa pakkauksessa.

Varastointitesti tehdään aina uuden tuote-erän alussa. Testissä otetaan sivuun laatikollinen valmiita pakkauksia tunnin ajaksi, jonka jälkeen niille tehdään puristelemalla tiiveyden tarkastus, sekä silmämääräinen katsetarkastus. Tarkoituksena on selvittää, onko tuotettujen pakkausten joukossa ilmautuneita pakkauksia varastoinnin jälkeen, sillä kaikki pakkausvirheet eivät aiheuta heti havaittavaa ilmapussipakkausta. Ohjeistus ehdottaa, että ilmautuneiden pakkausten pakkausvirhe tulisi katsetarkastuksen avulla pyrkiä selvittämään, jotta pakkausvirhe voitaisiin löytää nopeammin ja ilmoittaa huollolle mahdollista korjausta varten. Loppuosa ohjeistuksesta koostuu kuvista, jotka esittävät yleisimpiä pakkausvirheitä. Kuvakokoelman tarkoituksena on auttaa nopeammin havaitsemaan ja tunnistamaan eri syistä johtuvia pakkausvirheitä.

## 7.8 Koeajo

Koeajojen tavoitteena oli löytää parametrit, joilla testatut materiaalit saadaan muovautumaan optimaalisesti lämpömuovauksessa. Koeajettujen materiaalien muovautuvuus nykyisiin kalvomateriaaleihin verrattuna oli ennalta käytettävissä olevan tiedon perusteella heikompi. Toisena tavoitteena olikin löytää koeajossa testatuille kahdelle materiaalille niiden muovautuvuuden rajat, eli käytännössä niiden suurin mahdollinen vetosyvyys käytössä olleella pakkauskoneella. Lisäksi tavoitteeksi asetettiin sellaisen vetosyvyyden saavuttaminen, että syntyneeseen kuppiin olisi mahdollista pakata tuoteannos.

Koeajon aikana testattiin useita eri materiaaliyhdistelmiä. Ensimmäisenä ajossa oli Alarata-A, joka yhdistettiin Yläkalvo-C yläkalvoon. Koeajon alussa käytettiin seuraavan sivun taulukon 7 ensimmäisen sarakkeen (Alakalvo-D) mukaisia parametreja. Muotin syvyudeksi asetettiin 20 millimetriä.

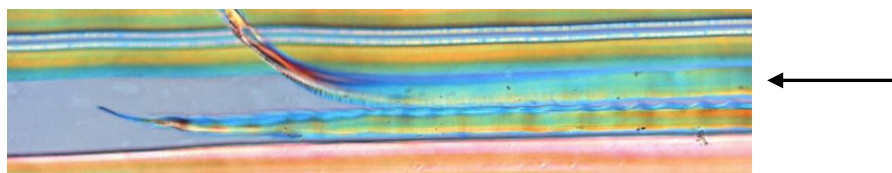
**Taulukko 7.** Koeajon parametrit ajon alussa ja ajon lopun optimoidut parametrit.

Parametri	Alakalvo-D	Alarata-A	Alarata-B
Lämmitys [°C]	95	89	87
Lämm. /paineenmuod. [s]	0,40	0,25	0,30
Lämmitysaika [s]	0,80	0,35	0,30
Muovausaika [s]	2,00	0,25	0,30
Muovaus/paineenmuod. [s]	0,45	0,15	0,25

Alarata–A materiaali ei kestänyt asetettuja aloitusarvoja ajossa repeytymättä. Havainnon jälkeen muovauslämpötilaa ja aikaa pudotettiin alaspäin, kunnes rata oli muovausaseman jälkeen ehjä. Esilämmityksen lämpötilaa pudotettiin yhteensä kuusi astetta ja lämmitysaikaa 0,45 sekuntia. Muovausaikaa laskettiin yhteensä yli 1,75 sekuntia. Muiden parametrien muutokset olivat pienempiä, mutta kaikkia jouduttiin laskemaan hiukan.

Loppuparametreilla Alarata–A saatiin muovautumaan ehjänä, mutta kalvo ei taittunut riittävästi kohti muotin seinämiä, vaan muotoutui loivasti kohti syvävedon keskiosaa. Muodostettuun kuppiin pystyttiin kuitenkin pakkaamaan tuoteannos tavoitteen mukaisesti. Muovattu kuppi yhdistettiin tavallisen muovisen yläkalvon (Yläkalvo–C) lisäksi Ylärata–X:n kanssa. Yläkalvo toimii valmiissa pakkauksessa moitteetta, mutta alakalvon muotoutuminen tuotteen pintaan ei ollut riittävä, vaan jäi kuprulle erityisesti pakkauksen päädyistä. Lisäksi näytepakkauksessa havaittiin, että radan adheesio ei Alarata–A:lla ollut riittävä, sillä kerrokset delaminoituivat toisistaan.

Heikko adheesio ja materiaalivauriot näkyivät myös mikroskooppikuvissa pakkausmateriaalissa, joka oli silmämääräisesti ehjä. Kuvassa 6 on esimerkki materiaalivauriosta Alarata–A:ssa, josta havaitaan, että vauriota on useassa kalvokerroksessa. Kuvan mukaisesti kerrokset irtoavat toisistaan. Materiaalivaurioita voi syntyä myös leikenäytteen valmistuksessa, joten näytteitä otettiin kolme kappaletta mahdollisen leikevirheen havaitsemiseksi. Vaurioita havaittiin kuitenkin ainoastaan tämän materiaaliyhdistelmän näytteissä. Nuolella on mikroskooppikuvassa osoitettu ylä- ja alakalvon saumakohta.



**Kuva 6.** Mikroskooppikuva: Alarata–A ja Ylärata–X. 200x suurennos.

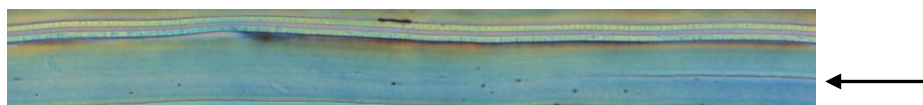
Toisessa koeajossa yhdistettiin Alarata–B muoviseen yläkalvoon ja Ylärata–X:ään. Jo aloitusparametreilla Alarata–B muovautui kilpailijaansa paremmin. Liian korkea esilämmitys ja liian pitkä muovaus- ja lämmitysaika kuitenkin rikkoivat alussa tämäkin materiaalin. Kuten aiemmin esitetystä taulukosta 7 nähdään, Alarata–B:llä kalvon esilämmityksen lämpötilaa laskettiin koeajon aikana yhteensä kahdeksan astetta Celsiusta. Lämmitysaikaa laskettiin 0,5 sekuntia ja muovausaikaa 1,7 sekuntia. Muiden parametrien muutokset olivat maltillisempia.

Loppuparametreilla kuitenkin havaittiin Alarata–B materiaalin muovautuvan selvästi paremmin kuin ensin testattu tuote Alarata–A. Vetosyvyysmittaus osoitti saman tuloksen. Alarata–A pakkausmateriaalin vetosyvyys oli muovauksen jälkeen mitattuna

14 millimetriä ja Alarata-B:n vetosyvyys oli selvästi parempi, 18 millimetriä. Myös Alarata-B materiaaliin pakattiin tavoitteen mukaisesti tuoteannos.

Ajon yhteydessä materiaalin sisäpinnassa havaittiin lämmityslevyn jättämä, ruutumainen kuviointi. Tämä johtui materiaaleille soveltumattomasta esilämmityslevyn pinnasta. Pakkauskoneella normaalisti käytössä on pyramidipintainen lämmityslevy, joka tulisi koeajetulla kuitupohjaisella materiaalilla olla sileä, jotta edellä mainittua markkeeraamista ei tapahtuisi.

Alarata-B yhdistettiin sekä Yläkalvo-C:n, että Ylärata-X:n kanssa. Kuvassa 7 on mikroskooppikuva Alarata-B:n ja Ylärata-X:n saumakohdasta. Sauman kohta on kuvassa osoitettu nuolella. Sauma on kuvan mukaan erittäin hyvä ja tiivis. Sauman havaitseminen kuvasta on hankalaa, koska materiaalikerrokset ovat sulautuneet yhteen erinomaisesti. Kuvan oikeasta laidasta nähdään saumakohdan avautuminen, sillä näyte on aivan sauman reuna-alueelta.



**Kuva 7.** Mikroskooppikuva: Alarata-B ja Ylärata-X. 200x suurennos.

Vastaava mikroskooppikuva Alarata-B:stä ja Yläkalvo-C:stä on kuvassa 8, joka myös osoittaa sauman olevan moitteeton. Nuolen osoittama saumakohta havaitaan vain sauman reuna-alueelta, jossa kerrokset luonnollisesti alkavat erkaantua toisistaan.



**Kuva 8.** Mikroskooppikuva: Alarata-B ja Yläkalvo-C. 200 x suurennos.

Alakalvojen vertailussa havaittiin Alarata-B:n muotoutuvan tuotteen muotojen mukaisesti paremmin kuin Alarata-A -materiaalin. Tiivis muotoutuminen tuotteen pintaan on tärkeää, sillä tyhjä tila pakkauksessa voi edistää mikrobien kasvua.

Lisäksi ajettiin Ylärata-X -materiaalia normaalisti käytössä olevan alakalvon Alakalvo-D:n kanssa. Yläkalvon toimivuus sovelluksessa todettiin silmämääräisesti moitteettomaksi. Muovautuvuus ja asettuminen tuotteen pintaan olivat erittäin hyviä. Koeajossa tuotetut pakkaukset eivät myöskään ilmautuneet 24 tuntia kestäneessä varastointitestissä, vaan säilyivät tiiviinä.

Kuvassa 9 on esitetty mikroskooppikuvana Ylärata-X ja Alakalvo-D sauman poikkileikkaus. Ylä- ja alakalvojen saumakohta on osoitettu kuvassa olevalla nuolella. Kuvasta 9 havaitaan, että kaikki materiaalirakenteet ovat ehjiä ja siistejä, samoin materiaalien välinen sauma. Sauma on mikroskooppikuvan perusteella erittäin hyvä ja tiivis koko näytteen matkalta. Materiaalien välinen rakenne kestää siis myös tarkemman tarkastelun, ja on koeajo- ja rakennetutkimuksen perusteella valmis tuotantoon otettavaksi.



**Kuva 9.** Mikroskooppikuva: Ylärata-X ja Alakalvo-D sauma. 200x suurennos.

## 8 TULEVAISUUDEN PAKKAUS

Merkittävimpiä pakkaustrendeihin vaikuttavia tekijöitä markkinoilla ovat kuluttajien kiinnostus helppokäyttöisiin pakkauksiin ja nopeasti valmistettaviin, terveellisiin ruokiin sekä materiaalipuolella kasvava kiinnostus ympäristöystävällisiä tuotteita kohtaan. Myös muovimateriaalien hinnan nousu ja öljyriippuvuus asettavat paineita uusien pakkausmateriaalien löytämiseksi. Uusilla innovaatioilla pyritään vastaamaan kuluttajien vaatimuksiin ja materiaalipuolella öljyriippuvuuden vähentämiseen sekä ympäristöystävällisyyden parantamiseen. Haasteena on löytää uusia materiaaleja tai pakkausmenetelmiä käytettävissä oleville materiaaleille siten, että niillä kyetään kilpailukykyisesti saavuttamaan myös enemmän funktionaalisuutta. (Andersson 2008, s. 1–2)

Esimerkkejä helppokäyttö- ja funktionaalisista ominaisuuksista pakkauksella ovat helppo avattavuus, uudelleen suljettavuus ja mahdollisuus lämmittää tuote mikroaaltouunissa pakkauksen kanssa. Funktionaalinen pakkaus voi myös tarjota mahdollisuuden tuotteen nauttimiseen kiireen tai matkustamisen aikana. USA:ssa convenience meal kits -tuotteiden kysyntä on noussut 48 prosenttia vuosien 1998 ja 2003 välillä. Pakkausinnovaatioilla on pyritty vastaamaan kasvaneeseen kysyntään. (Innovations in food packaging, s. 10)

### 8.1 Uudet pakkausmateriaalit

Ympäristöystävällisyyden parantamisen ja öljyriippuvuuden vähentämisen tarpeet ovat lisänneet yhä kasvavasti kiinnostusta uusia pakkausmateriaaleja kohtaan. Nämä tarpeet ovat johtaneet, ja tulevat myös tulevaisuudessa johtamaan valmistajien ja kuluttajien kiinnostuksen lisäksi lainsäädännön kiristymiseen pakkausmateriaalien käytössä. Vaihtoehtoisia pakkausmateriaaleja on tutkittu paljon, ja niitä on ympäri maailman otettu jo käyttöön myös kaupallisissa sovellutuksissa. Tähän kappaleeseen on koottu esimerkkejä jo markkinoilla olevista tuotteista.

Kuitupohjaista materiaalia on maailmalla hyödynnetty lukuisissa lihapakkauksissa vyötteinä. Vyötepakkaus ei niinkään tee pakkauksesta ympäristöystävällisempää, vaikkakin se on mahdollista kierrättää erikseen. Vyötteen kuitenkin toimivat kalvon painatuksen tai etiketin sijasta informaation painoalustana persoonallisella ja erottuvalla tavalla. Seuraavassa on esitetty kolme esimerkkiä vyötepakkauksista.

**Aidells Sausage Company** on johtava gourmet makkaroiden tuottaja **Yhdysvalloissa**. Yritys on saavuttanut mainetta laadukkailla ja maukkailta tuotteillaan, joka on innostanut myös muita alan yrityksiä kopioimaan Aidellsin liikeideaa. Tämä tausta johti tarpeeseen muuttaa pakkauksen designia, jotta yritys erottuu tulevaisuudessakin kilpailijoistaan. Pakkausdesignin tavoitteena oli yhtenäisyys eri tuotteiden välillä, mutta

samalla sen piti tuoda esiin tuotteiden erot selvästi siten, että suosikkituote on helppo ja nopea löytää muiden pakkausten joukosta. Toteutuksessa itse tuotteen kanssa kosketuksissa oleva pakkaus on kaikilla tuotteilla samanlainen; mustalla yläkalvolla ja kirkkaalla alakalvolla. Ero tuotteiden välillä tehtiin koodaamalla vyötteet eri värein tuotteiden makujen mukaan. (Packaging of the World 2009)



**Kuva 10.** Aidells (USA) vakuumpakkaukset kartonkivyötteellä. (Packaging of the World 2009)

**Dmitrov Sausage Venäjältä** on uusinnut gourmet tuotelinjansa pakkauksen (kuva 11). Pakkaussuunnittelun on tehnyt Liberty Island. Suunnittelun tavoitteena oli korostaa entisestään tuotteiden luonnollisuutta ja korkeaa laatua. Yksityiskohtana uusittiin pakkaukseen myös yrityksen logo, jonka klassisen tyylin kerrotaan kuvaavan perinteitä ja laatua. Itse pakkaus on yksinkertainen ja suoraviivainen. Leveään kartonkiseen vyötteeseen käärityn muovipakkauksen ulkonäköä on parannettu painatuksellisin tehokeinoin, koska tavoitteena oli korostaa tuotteiden premium -statusta. (Branding & Packaging 2011)



**Kuva 11.** Dmitrov Sausage (Venäjä) vakuumpakkaukset kartonkivyötteellä. (Branding & Packaging)



**Milanon School of Design** (Politecnico di Milano) esitteli vuonna 2011 oppilastyönä suunnitellun Sausage Dog -koiranmakkarapakkauksen (kuva 12). Suunnittelun lähtökohtina oli, että pakkauksen tulee mahdollistaa annostelu ja tuotteen lämmittäminen pakkauksessaan. Lisäksi tavoitteena oli käytettävyyden parantaminen, joka käytännössä tarkoitti niiden keinojen löytämistä, joilla pakkauksen avaamiseen tarvittavia välineitä ja toimenpiteitä voitiin vähentää. Tämä toiminnallisuus haluttiin sisällyttää pakkaukseen, jonka ilme on leikkisä ja kommunikoi sisällön hyvin. Pakkauksen makkarat ovat yksittäispakattuja annostelua ja kertakäyttöä varten. Kuoripakkaus voidaan lämmittää mikroaaltouunissa ennen käyttöä. Annostelu pakkauksesta tapahtuu puristamalla sopiva määrä lämmitettyä makkaraa kuoresta. Neljän makkaran pakkaus on yhdistetty kierrätyskartongista valmistetulla vyötteellä. Kuvassa 16 oikealla näkyvässä kuvassa on tuotteen sekundääripakkaus, joka toimii samalla tuotteen esittelijänä. Pakkaus on rohkea, mutta erottuu selkeydellään kaupan hyllyltä erittäin hyvin kilpailijoista. (Packaging Design Archive 2011)



**Kuva 12.** Koiranmakkarapakkaus kartonkivyötteellä, School of Design, Italia. (Packaging Design Archive 2011)

**Iso-Britannialainen Nicholl Food Packaging** on vuonna 2012 lanseerannut uuden innovatiivisen vakuumpakkauksen. Pussimallinen pakkaus on kompostoitava, mutta valmistaja Plastopil on saavuttanut materiaalille myös erinomaiset barrier-ominaisuudet lihan, kanan ja juuston pakkaamiseen. Uudet Plastopil-pussit on valmistettu Ecoex HB-kalvosta, joka soveltuu vakuumi- ja flowpack-sovellutuksiin. Kuvassa 13 näkyvä pakkauskalvo on kirkas, kestävä ja saumautuva. Yli 70 prosenttia kalvosta on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista. Valmistajan mukaan pakkaukset ovat helposti käsiteltäviä tuotannossa ja täytössä, ja niiden avulla saavutetaan nopea läpimenoaika. Valmistajan mukaan materiaali saumautuu myös vekkien läpi. Kuluttajan käytettävyyttä voidaan parantaa valitsemalla helposti peelautuva kalvo. Kalvomateriaaleja on saatavana myös mikroaaltouuniin soveltuvina, joten tuotteen kypsennys pakkauksessa on mahdollista. (Packaging Europe 2012a)



**Kuva 13.** *Plastopil Kompostoituva vakuumpussipakkaus. (Packaging Europe 2012a)*

**Italialainen** pakkausalaan erikoistunut yritys **Coopbox** on kehittänyt tuoreen lihan ja kalan pakkaamiseen biohajoavan PLA-rasiapakkauksen (kuva 14), joka kulkee tuotenimellä NaturalBox. Pakkaus on jo Euroopassa käytössä useissa eri maissa ja eri sovellutuksissa. PLA-pakattuja tuotteita ovat esimerkiksi luomukana, katkaravut ja lihajalosteet. Pakkauksen yläkalvona voidaan käyttää joko tavanomaista joustokalvoa tai PLA-kantta, jolloin koko pakkaus on biohajoava. Suojakaasuun pakatun 100 prosenttisen PLA-pakkauksen hyllyikä on jopa 15 vuorokautta. (Sustainable is Good 2008)



**Kuva 14.** *Biohajoava PLA-pakkaus lihatuotteiden pakkaamiseen. (Sustainable is Good 2008, Bulpro 2004)*

**DSM Engineering Plastics** on tehnyt pakkauskalvoissaan materiaalimuutoksen. Aiemmin pakkausmateriaalina käytetyn BOPA-kalvon valmistuksessa ja koekstruusiossa syntyy hienojakoista, valkoista pölyä, joka kertyy valmistusympäristön laitteisiin, seiniin ja muille pinnoille. Ilman kautta tämä laktaamipöly joutuu myös työntekijöiden hengityselimiin. BOPA:n sijasta yritys siirtyi käyttämään oligomeeri

polyamidia (LOPA), jonka kuvataan olevan aiemmin käytössä ollutta materiaalia ympäristöystävällisempi ratkaisu. LOPA-pakkausmateriaali on käytössä esimerkiksi kuvan 15 savustetun lihan pakkauksessa. Materiaalin kerrotaan olevan hinnaltaan kilpailukykyinen muihin yleisesti käytössä oleviin pakkausmateriaaleihin verrattuna. (Greener Package 2011a)



**Kuva 15.** Oligomeeri polymidista valmistettu savustetun lihan pakkaus. (Greener Package 2011a)

## 8.2 Funktionaaliset pakkaukset

Funktionaalisten, helppokäyttöisten ja nopeasti valmistettavien ruokien ja pakkausten innovaatiot ovat avainasemassa, kun pyritään vastaamaan kuluttajien muuttuviin vaatimuksiin. Ruokailutottumusten muuttuminen vaatii pakkauksilta aivan uudenlaisia ominaisuuksia. Helposti valmistettavia aterioita ja valmisruokia on jo runsaasti tarjolla eri tuoteryhmissä, mutta lihatuotteilla niiden osuus on vielä vähäinen. (Eilert 2005)

Funktionaalisuutta ja siten lisäarvoa pakkaukselle voidaan luoda vaikka vain yhdellä komponentilla tai lisäominaisuudella. Pelkkä komponentin tuominen pakkaukseen ei kuitenkaan aina riitä, vaan usein tätä ominaisuutta korostetaan esimerkiksi visuaalisella designilla, jotta lisäarvo on helpommin havaittavissa muiden vastaavien tuotteiden joukosta. Esimerkiksi helposti avattavissa tai uudelleen suljettavissa pakkauksissa näitä kohtia on korostettu graafisin keinoin. (Peters 2004, s. 14)

### 8.2.1 Helposti avattavat ja uudelleen suljettavat pakkaukset

Pakkauksen uudelleen sulkemisen mahdollisuus on käytännöllinen ominaisuus, jotta pakkauksesta voidaan käyttää tuotetta kerralla vain osa, tarvittaessa vaikka useita kertoja. Tämä suojaa myöhempää käyttöä varten jääviä tuotteita ja on siten kuluttajalle tarpeellinen mahdollisuus. Pakkausten avaamisen ja uudelleen sulkemisen mekanisme

on useita. Yhtenä esimerkkinä uudelleen suljettavuudesta on kuvan 16 Zip-Pak-ominaisuudella varustettu pakkaus, johon on graafisena tehokeinona uudelleensuljettavan Zipper-kujan kohtaan lisätty vetoketju. Zip-Pakin avausmekanismi perustuu puristamalla lukittuvaan, Minigrip-pusseista tuttuun kujaan. (Multivac 2012)



**Kuva 16.** Zip-Pak helposti avattava ja uudelleen suljettava pakkaus, Bafar Mexico. (Lähde: Multivac pakkaustietokanta)

**Iso-Britannialainen Milk Link**, joka on paikallinen maitotuotteiden valmistaja, lanseerasi vuonna 2010 uuden pakkauksen mielenkiintoisella avaus- ja suljentamekanismeilla. Mekanismin ansiosta tuotteen kuvataan säilyvän tuoreena ja pakkauksen helppokäyttöisenä koko käytön ajan. APLIX:n kanssa yhteistyössä suunnitellun Grip Strip® -suljennan kerrotaan olevan kehittynyt perinteiseen Zipper-suljentaan verrattuna. Menetelmä perustuu samaan kuja- ja kiinnityspäätteeseen kuin perinteinen Zipper-suljentamenetelmä, mutta sen etu on käytettävyydessä, sillä kiinnitys antaa paremmin anteeksi pienet kohdistusvirheet. Kuvassa 17 näkyvän pakkauksen materiaali on kuumasaumautuvaa polyetyyleeniä. (The Food and Drink Innovation Network 2010; Packaging-Matters 2010)



**Kuva 17.** Grip Strip® -suljennalla uudelleensuljettava pussipakkaus, Milk Link. (The Food and Drink Innovation Network 2010)

Pakkauksella on teetetty kuluttajatutkimus, jossa verrattiin tavallista Zipper-suljinta, perinteisesti avattavaa pakkausta ja Grip Strip® -mekanismia. Tutkimukseen osallistuneiden kuluttajien mukaan Grip Strip® oli yksinkertaisin uudelleen avata ja sulkea. Jopa 80 prosenttia tutkimukseen osallistuneista oli sitä mieltä, että tämä pakkaus on helppokäyttöisin koko perheen käyttöön, myös lapsille ja vanhuksille. (The Food and Drink Innovation Network 2010)

Samassa artikkelissa oli esiteltyä Iso-Britannian myynnin muutoksia erityyppisillä juustopakkauksilla. Artikkelin mukaan uudelleensuljettavien juustopakkausten myynnin osuus oli kasvanut vuodesta 2009 vuoteen 2010 yli viisi prosenttia, kun vastaavasti ilman suljentamekanismeja pakattujen tuotteiden osuus oli pudonnut alle prosentin. (The Food and Drink Innovation Network 2010)

**Oscar Mayer USA:sta** käyttää Mini Hot Dogs -nakeillaan stand-up-pouch -mallista pakkausta. Kompaktia 283 gramman, noin 20 pikkunakin pakkausta (kuva 18) kuvataan helposti mukaan otettavaksi snack-tuotteeksi. Alakulmista vahvistettu pussi on noin 19 senttimetriä korkea ja yhtä leveä. Pussin pohjaosa on kirkasta kalvoa ja tarjoaa siten mahdollisuuden nähdä pakkauksen sisällä olevat tuotteet. Pystymallinen asettelu takaa tuotteen hyvän näkyvyyden kylmäosastolla. Uudelleensulkemisen mekanismina pakkauksessa käytetään ZIP-Pak Slider -liukusuljinta. Ennen ensimmäistä käyttöä pakkauksen yläosasta poistetaan liukusuljinta suojaava osa muovikalvoa, jolloin pakkaus avautuu. Menetelmä on Suomessa tuttu makeispusseista. Mini Hot Dogs -nakeille annetaan avaamisen jälkeen seitsemän päivän säilyvyysaika. (Best in Packaging 2009)



*Kuva 18. Oscar Mayer Mini Hot Dogs -nakkien stand-up-pouch, USA. (Best in Packaging 2009)*



**Yhdysvaltalainen Plumrose Foods** on tuonut markkinoille liukusuljennalla uudelleen suljettavan pekonipakkauksen. Liukusuljenta perustuu pieneen, kuvassa 19 näkyvään kiinnittimeen, jonka avulla pakkaus suljetaan liu'uttamalla suljinta kujaa pitkin. Uudelleensuljenta mahdollistaa sen, että vain osin käytettyä tuotetta ei tarvitse siirtää avaamisen jälkeen erilliseen rasiaan, vaan se voidaan edelleen säilyttää alkuperäisessä pakkauksessaan. Tämän arvioidaan tuovan lisäarvoa pakkaukselle kuluttajan saavuttaman hyödyn kautta ja lisäksi valmistajan brändi säily kauemmin kuluttajan näkyvissä, kun pakkausta ei hävitetä heti. Liukusulkimia on aiemmin pidetty hankalakäyttöisinä, mutta Plumrose Foods yhteistyössä Zip-Pakin kanssa uskoo kehittäneensä ensimmäisen helppokäyttöisen ja käytännössä hyvin toimivan sulkimen. Sulkimia on käytössä myös muun muassa leikkelepakkauksissa. (Greener Package 2011b)



**Kuva 19.** Plumrose pekonipakkaus Slider-liukusuljennalla, USA. (Greener Package 2011b)

**HK Scan Ruotissa** käyttää Delikatess köttbullar -lihapullien pussipakkauksessa Amcorin PushPop-avausmekanismia. Pakkaus (kuva 20) avataan pakkauksen yläreunassa olevasta perforoinnista painamalla. Pakkaus voidaan uudelleen sulkea pakkauksen pohjasta löytyvällä tarralla. Seisova, laajasti aukeava pakkaus on ideaalinen ratkaisu tuotteille, joita voidaan nauttia suoraan pakkauksesta. Seisova ja pinottava pakkaus on myös näkyvä keino erottautua kilpailijoiden tuotteista kaupan hyllyllä. (Ceepackaging 2008)



**Kuva 20.** HK Scan lihapullapakkaus PushPop – avausmekanismilla. (Ceepackaging 2008)

Uudelleensuljennan mekanismi voi perustua myös pakkauksen muotoiluun ilman erillisiä lisäosia. Esimerkiksi **Saksassa ja Iso-Britanniassa** markkinoilla oleva **Leerdammer Lightlife** -juustopakkaus voidaan uudelleen sulkea pakkausrasian ja sen kannen yhteensopivan muotoilun ansiosta. Pakkaus ja snap-lid suljentamekanismi näkyvät kuvassa 21. Pakkauksen ylä- ja alaosan profiili ovat yhtenäiset siten, että kansi on mahdollista osakäytön jälkeen napsauttaa tiiviisti takaisin paikoilleen. Rasia ja kansi on lämpömuovattu keskikovasta kalvosta, joista yläkalvo on lisäksi peelautuva. (Multivac 2012)



**Kuva 21.** Paikalleen napsahtava kansi (snap-lid). (Multivac 2012)

## 8.2.2 Jaettavat pakkaukset

Kokonaan uusien pakkausratkaisujen ohella markkinoille on esimerkiksi Euroopassa tuotu yhä enemmän jaettavia pakkauksia. Jaettavissa pakkauksissa on yhdistetty tuoteannoksia siten, että pakkauksesta voidaan irrottaa kerralla avattavaksi ja käyttöön esimerkiksi puolet tai kolmannes pakkauksesta. Näin käyttämättä jäävä osa säilyy viimeiseen käyttöpäivään asti avaamattomassa pakkauksessa, vaikka koko tuotetta ei käytettäisi kerralla. Kuvan 22 esimerkissä on lapsille suunnattu makkarapakkaus, josta tuotteita voidaan ottaa käyttöön kaksi kerrallaan.



*Kuva 22. Jaettava makkarapakkaus. Lähde: Multivac Panda-pakkaustietokanta*

**Uusi-Seelantilainen Hellers** on tuonut markkinoille jaettavan pakkauksen, jonka suunnittelu on tehty yhteistyössä Dow Designin kanssa. 200 gramman pakkaus on jaettu kahteen 100 gramman osaan. Hellers koki aiemman pakkauksensa ainutlaatuisuuden muuttuneen vuosien varrella standardiksi, joten uusi suunnittelu tuli ajankohtaiseksi. Käytettävyyden lisäksi pakkauksessa (kuva 23) uusittiin sen logo ja visuaalinen design. (Packaging of the World 2010)



*Kuva 23. Hellers jaettava leikkelepakkaus, Dow Design. (Packaging of the World 2010)*



**Turkkilainen Namet** (kuva 24) on ollut ehdolla ja menestynyt muun muassa WorldStar 2010 pakkauskilpailussa ruokapakkausten sarjassa jaettavalla ja uudelleensuljettavalla 2 x 100 gramman salamipakkauksellaan. Kun edellisessä esimerkissä syntyy mielikuva yhden pakkauksen jakamisesta kahdeksi, niin tällä ratkaisulla samankokoinen pakkaus antaa vaikutelman siitä, että yhden sijasta ostaa kaksi pakkausta. Menestyksekkään pakkauksen on kehittänyt Südpack. Flexo-painettu pakkaus koostuu uudelleensuljettavasta yläkalvosta (Multi Peel AV 106) ja APET-pohjaisesta high barrier yläkalvosta (ecopet V 300). Yhdistetty uudelleen suljettavuus ja jaettava pakkaus takaavat tuotteen tuoreuden sen jokaisella käyttökerralla. Materiaalien kuvataan soveltuvan kaikille pakkauskoneille ja myös lämpömuovaukseen esimerkiksi lihalle ja juustolle. (Südpack 2011)



*Kuva 24. Namet jaettava leikkelepakkaus, Südpack. (Südpack 2011)*

### 8.2.3 Pakkaus muodostaa tuotteen

Kun pakkaus kykenee ominaisuuksillaan tuomaan tuotteelle kuluttajien arvostamaa lisäarvoa, niin itse pakkaus muodostaa tuotteen. Erilaiset ”on-the-go” -tuotteet ovat esimerkkejä tuotteista, joiden lisäarvo perustuu pakkauksen avulla saavutettuun tuotteen helppoon ja nopeaan nauttimiseen. Kriteerejä pakkaukselle tuotteen muodostajana ovat: Huomion herättäminen, pakkauksen helppokäyttöisyys tai käytännöllisyys, mahdollisuus korkeampaan hinnoitteluun ja tuotteen markkinointi.

Hyvä esimerkki funktionaalisesta tuotteesta, jossa tuotteen muodostaa itse pakkaus, on useissa Euroopan maissa markkinoilla oleva kuppimainen nakkipakkaus. Kuvassa 25 esitetty esimerkkinä **Herta Francen** tuote **Knacki Ball** on kooltaan neljän desilitran eli 200 gramman pakkaus. Pakkauksen halkaisija on 95 millimetriä. Kupin muotoinen pakkaus sisältää 28 pallon muotoista pientä makkaraa, joita voidaan nauttia sekä snack-tuotteena, että täytenä ateriana tai osana ateriala. Tuotepäheeseen kuuluu 11 eri

makuista snack-makkaratuotetta. Tuotteen kuvaillaan soveltuvan erinomaisesti muuttuneiden, modernien elämäntapojen tarpeisiin. (Packaging Europe 2008)



**Kuva 25.** Ikkunallinen nakkikuppi. (lähde: Multivac pakkaustietokanta)

Pakkausmateriaalina on käytetty muovimateriaalia ja kartonkia, jolloin osa pakkauksesta soveltuu kierrätettäväksi. Offset-painatettu kartonkinen pakkausmateriaali tarjoaa tuotteelle erinomaisen painopinnan ja ulkonäön. Kartonki voidaan helposti irrottaa polypropeenikupin pinnasta irrotusta helpottavan läpän avulla ja kierrättää siten erikseen. Pakkauksia on olemassa sekä kiinteällä kartonkikääreellä, että ikkunallisina pakkauksina, joissa kääreeseen on jätetty aukko tuotteen esittelyä varten. Pakkauksen muovinen kansi on uudelleensuljettava, jotta annos voidaan nauttia tarvittaessa vaikka useassa erässä. (Packaging Europe 2008)

Pakkauksen ulkonäköä kuvaillaan edustavaksi ja sen helppokäyttöisyyden ja mukavuuden astetta erittäin korkeaksi. Helppokäyttöisyyttä edustaa esimerkiksi pakkauksen muotoilu; pakkaus on kokonsa puolesta suunniteltu sopimaan täydellisesti auton mukitelineeseen, joten se muodostaa täydellisen on-the-go -tuotteen. Tuote voidaan myös nauttia monella tapaa. Pallomaiset makkarat soveltuvat sellaisenaan kylmänä nautittavaksi tai ne voidaan lämmittää vedessä keittämällä. Kolmas vaihtoehto on kuumentaa tuote mikrossa omassa pakkauksessaan. Pakkausta on helppo käsitellä myös mikrossa lämmityksen jälkeen, sillä kartonkinen kääre toimii eristeenä, eikä tuote polta sormia. (Packaging Europe 2008)

Nakkikuppi-idea on käytetty myös **Saksassa**, jossa **Rügenwalder Mühle** kaupallisti kupissa myytävän nakkiannoksen vuonna 2010. Polypropeenista valmistetun kupin (kuva 26) kerrotaan erottuvan kauppojen hyllyillä muotonsa, designinsa ja esillepanonsa ansiosta selvästi paremmin, kuin muut vastaavien tuotteiden pakkausratkaisut. Puoliympyrän muotoinen pakkaus on painoltaan 222 grammaa ja se sisältää kuusi kokonaista nakkia. Kirkas ja läpinäkyvä pakkaus, jossa etiketti peittää vain pakkauksen yläreunan, tuo tuotteen esiin näkyvästi. Kuppi on helposti avattavan muovikannen lisäksi suojattu saumatulla alumiinikannella, joka poistetaan ensimmäisen avauksen yhteydessä. Pakkaus tarjoaa pitkän hyllyiän, eikä se aiheuta nesteen irtoamista

tuotteesta. Pakkaus on myös suunniteltu sopimaan auton mukitelineeseen ja se voidaan tarvittaessa uudelleen sulkea muovikannella. (Best in Packaging 2011)



**Kuva 26.** Polypropeenista valmistettu, Saksalaisen valmistajan nakkikuppi. (Best in Packaging 2011, EnvaPack 2011)

Edelleen **Saksassa** on myös markkinoilla makkara- ja lihatuotteita valmistavan **Mettenin** kuppimallinen Leckere Landwürstchen -nakkipakkaus. Kuvassa 27 näkyvän ikkunallisen PermaSafe-pakkauksen on valmistanut Weidenhammer Plastic Packaging. Pakkausratkaisu oli seuraaja metalliselle pakkaukselle, joten pakkauksen muodon ratkaisu oli luonteva. Muovista pakkausta kuvataan käytettävyydeltään paremmaksi. Kuppi on saumattu helposti peelautuvalla, happea läpäisemättömällä kalvolla. Erillinen napsauttamalla avattava kansi helpottaa avaamista, sulkemista ja uudelleenkäyttöä, jotta koko 250 gramman tuoteannosta ei tarvitse käyttää kerralla. PermaSafe-pakkaus on myös mikroaaltouunin kestävä, joten tuotteet voidaan joko lämmittää tai nauttia kylmänä. (Packaging Europe 2012b)



**Kuva 27.** Mettenin Leckere Landwürstchen nakkipakkaus, Saksa. (Packaging Europe 2012b)

Askeleen pidemmälle meneviä tuotteita löytyy esimerkiksi USA:sta ja Isosta-Britanniasta, joissa kaupallisina tuotteina on self-heating can ja hotcan-pakkauksia. Pakkaus koostuu kahdesta sisäkkäisestä tölkistä, joiden väliin jäävässä tilassa on

vesipussi ja kalkkikivigranulaatteja. Kun veden pussi rikotaan, muodostavat vesi ja granulaatit lämpöä tuottavan kemiallisen reaktion, joka lämmittää tölkin sisällä olevan tuotteen 8–12 minuutissa 60–70 Celsius asteen lämpötilaan. Tuotevalikoima tässä sovelluksessa on laaja. Tölkkejä on käytössä niin kuumana nautittavien juomien, kuin valmisruokienkin pakkaamisessa. Valmisruokina tuotteet soveltuvat esimerkiksi vaelluksille tai retkeilyyn mukaan otettaviksi. Kuvan 28 esimerkissä ateriana on makkaraa ja papuja. (Hotcan 2012)



*Kuva 28. Makkaraa ja papuja tuotteen kuumentavassa Hotcan-pakkauksessa. (Design Taxi 2012)*

**Nordenian** mikroaaltouunissa lämmitettävä Nor®Absorbit-joustopakkaus on ollut ehdolla pakkauskilpailussa **Saksassa** (Kuva 29). Pakkausideana on, että sen sisältämä tuote voidaan lämmittää mikroaaltouunissa suoraan myyntipakkauksessaan, joka lämmittää ja kypsentää tuotteen rapeaksi. Valmistuksen kuvataan siten olevan siistimpää ja nopeampaa kuin tuotteen valmistaminen pannulla. Mikroaaltouunissa kypsentämisen aikana tuotteesta irtoavan nesteen ja rasvan kerrotaan läpäisevän pakkauksen sisimmän materiaalikerroksen ja imeytyvän pakkausmateriaalin sisempään kerrokseen. Jopa paneroiduille tuotteille ja pekonille saadaan valmistajan mukaan rapea pinta pakkauksessa kuumentamalla. (Revipack 2011)



*Kuva 29. Ikkunallinen mikroaaltouunin kestävä joustopakkaus. (Revipack 2011)*

Nor®Absorbit-materiaalin lämpöominaisuudet on kehitetty siten, että pakkauksen ulkopinta ei lämmityksen yhteydessä kuumene liikaa, joten pakkausta voidaan käsitellä heti lämmityksen jälkeen. Käytettävyyden parantamiseksi pakkauksesta on tehty myös helposti avattava. Nämä ominaisuudet tekevät pakkauksen sisältämästä tuotteesta soveltuvan myös snack-tuotteeksi. (Revipack 2011)

Homeland Stores **USA:ssa** on ottanut vuonna 2006 käyttöön Rotisserie Hot N Handy (HNH) -pakkauksen deli-osaston tuotteilleen. Pakkaus nähdään lisäarvoa tuovana ratkaisuna ja vaihtoehtona kaksiosaiselle rasiasta ja kääreestä koostuvalle pakkaukselle. Yhdeksän värisen fleksolla painetun pakkauksen (kuva 30) kerrotaan olevan tiivis ja mikroaaltouunin kestävä. HNH-pakkauksessa on suuri, huuruuntumaton ikkuna, tukeva zipper -suljin ja kantokahva, jotka tuovat selvästi lisää käytännöllisyyttä verrattuna aiempaan pakkaukseen. Pussin pohjassa olevien kulmavahvikkeiden ansiosta pakkaus pysyy pystyssä kaatumatta. Pakkauksen kapea profiili taas tekee tuotteesta tilan käytön suhteen tehokkaan sekä kaupan hyllyssä että kotien kylmäsäilytyksessä. Pakkaukselle on tehty myös elinkaariarviointi, jonka mukaan sen hiilidioksidipäästöt ovat 85 prosenttia pienemmät ja öljyn käyttö peräti 92 prosenttia vähäisempää kuin aiemmin käytössä olleella pakkauksella. Joustopakkauksen käyttö vähentää lisäksi selvästi pakkausjätteen määrää, joten se on myös selvästi ympäristöystävällisempi vaihtoehto. (Packaging World 2008)



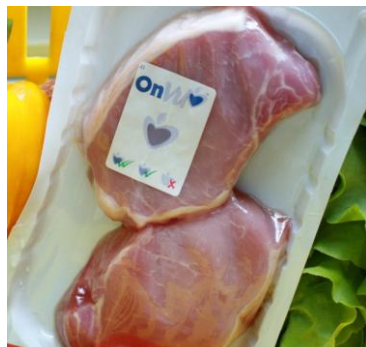
**Kuva 30.** Hot N Handy (HNH) pussipakkaus, Rotisserie. (Packaging World 2008)

### 8.3 Älykkäät pakkaukset

Lihatuotteiden tiukentuneet hygienia- ja turvallisuusvaatimukset, hyllyiän pidentämisen tarve ja kuluttajien laatu tietoisuuden kasvaminen ovat johtaneet älykkäiden ja aktiivisten pakkausten tutkimuksen lisääntymiseen. Markkinoille on useissa maissa jo tuotu kaupallisia tuotteita, joissa on hyödynnetty älykkäitä indikaattoreita. Älykkäiden pakkausten tarkoituksena on, että itse pakkaus kertoo sensorin avulla sen sisältämän tuotteen laadusta varastoinnin ja jakelun aikana.

**Ciba** esitteli uuden sukupolven OnVu-älypakkauksensa (Kuva 31) **Sveitsissä** 2007. Pakkaukseen on painettu etiketti, jossa on aika-lämpötila-indikaattori. Pakkaus on

tarkoitettu lihalle, kalalle ja jalosteille. Pakkauksen säilyvyysaika on viiden Celsius asteen lämpötilassa 5–6 päivää. Makkaroiden, valmisruokien ja muilla vastaavilla tuotteilla säilyvyysaika on yli viikon. (Matbase 2012)



**Kuva 31.** OnVu -aika-lämpötila – indikaattori. (Matbase 2012)

OnVu-aika-lämpötila-indikaattori painetaan pakkaukseen tarrana, mutta tulevaisuudessa äly on mahdollista painaa suoraan pakkaukseen älykkäällä painomusteella. Aika-lämpötila-indikaattoreita voidaan käytännössä käyttää kaikilla tuotteilla, jotka ovat herkkiä lämpötilan vaihteluille. Liitetty äly osoittaa selkeästi tarran värimuutoksilla, onko kylmäketju säilynyt katkeamattomana ja onko hyllyikää jäljellä. Tarrassa olevan kuvan väri muuttuu, kun aika kuluu tai kun lämpötila muuttuu. Alkuperäinen kuvan väri tarrassa on tumma ja referenssikuvan väri on vaalea. Väri vaalenee ajan kuluessa tai lämpötilamuutosten myötä. Värimuutos tapahtuu kiihtyvästi lämpötilan ollessa asetettua optimilämpötilaa korkeampi. Kun indikoiva kuva on saavuttanut saman värisävyn kuin referenssinä toimiva kuvan alue, pakkauksen hyllyikä on päättynyt. Indikaattorit räätälöidään aina tuotekohtaisesti tuotteen vaatiman varastointilämpötilan ja hyllyiän mukaan. (Matbase 2012)

Yleisin syy elintarvikkeiden aikaiselle pilaantumiselle on lämpötilavaihtelu kuljetuksen ja varastoinnin aikana. OnVu-älypakkauksen avulla tuottaja, vähittäiskauppias ja kuluttaja voivat yhdellä vilkaisulla tarkastaa, että onko helposti pilaantuva tuote kuljetettu ja varastoitu asianmukaisella tavalla. Pakkausratkaisun kuvataan parantavan pakkaavan yrityksen mainetta, parantavan tuoteturvallisuutta ja auttava hyllyiän optimoinnissa. (Matbase 2012)

**Japanilainen** suunnittelutoimisto **TO-Genkyo** on suunnitellut ajan ja lämpötilan muuttumista kuvaavan, elintarvikkeen tuoreutta ilmaisevan tarran lihatuotteille. Tiimalasin muotoinen tarra sisältää mustetta, joka vaihtaa väriään tummemmaksi, kun ammoniumin määrä pakkauksessa kasvaa. Mitä kauemmin lihaa on säilytetty, sitä enemmän ammoniumia se vapauttaa, joten älykkään tarran avulla voidaan nähdä miten tuore pakattu tuote on. Innovatiivisena yksityiskohtana on tarran sisältämä viivakoodi, joka tarran tummuessa peittyy. Kun liha on pilaantunut, viivakoodia ei voida enää



lukea, eikä pakkausta siten enää voi myydä. kuvassa 32 on esitetty tarran värin muutokset lihapakkauksen pakkaamisen jälkeen (valkoinen tarra) ja tuotteen pilaannuttua (tarran alaosa on sininen). (Next Nature 2009)



**Kuva 32.** Pakkauksen sisältämän ammoniumin määrään reagoiva tuoreusindikaattori. (Next Nature 2009)

Nestle käyttää suojakaasuun pakatulla Buitoni -tuorepastatuotteellaan (kuva 33) Cryovacín valmistamaa yläkalvoa, johon on lisätty happisieppari-ominaisuus. Oxygen scavenger, eli OS-yläkalvon avulla voidaan vähentää hapen määrää pakkauksen sisässä, jolloin Nestlen mukaan aktiivisella pakkauksella tuotteen säilyvyysaikaa on parannettu jopa 50 prosenttia. Yläkalvo on monikerrosmateriaali, johon on koekstrudoitu OS-kalvokerros, PET-kerros, PVDC-barrier-kerros ja saumautuva kerros. OS-kalvon avulla pakkauksessa oleva alle 2 prosentin jäännöshappimäärä vähenee 3-8 päivän kuluessa pakkaamisesta jopa alle 0,1 prosenttiin. Cryovacín OS-kalvoteknologiaa käytetään sekä kovakalvoilla että joustokalvoilla esimerkiksi snack -tuotteilla, juustopakkausissa ja lihajalosteilla. Lihajalosteiden sovellutuksista mainitaan vakuumpakatut leikkeleet, nakit ja makkarat. (Packaging Digest 2002)



**Kuva 33.** Nestlen Buitoni -tuorepastapakkaus happisiepparikalvolla. (Packaging Digest 2002)

**USA:ssa Curwood** toi vuonna 2011 markkinoille FreshCase -nimisen pakkausratkaisun, joka on menestynyt myös pakkauskilpailuissa. FreshCase-sovellutuksia (kuva 34) on kovakalvopohjaan skin-pakattuna, lämpömuovatuilla pakkauksilla ja vakuumpussipakkauksilla. Pakkausmenetelmän kehittämisen taustalla oli tarve säilyttää tuoreen lihan punainen väri koko pakkauksen säilyvyysajan. FreshCasen salaisuus on sen lihan kanssa kontaktissa oleva yläkalvo, joka sisältää sodiumnitriittiä. Kun lihan entsyymit reagoivat sodiumnitriitin kanssa, syntyy typpioksidia, joka yhdessä lihan myoglobiinin kanssa auttaa säilyttämään lihan punaisen värin pidempään. (Packaging World 2012)



*Kuva 34. Curwoodin aktiivinen FreshCase -lihapakkaus. (Packaging World 2012)*

## 8.4 Trendit pakkausmenetelmässä

Kutistekalvomenetelmään perustuvan vakuumpakkauksen kerrotaan tuovan säästöjä työvoima- ja materiaalikustannuksiin, sekä parantavan tuottavuutta. Esimerkiksi **USA:ssa, Texasissa** sijaitseva lihajalosteiden valmistaja **Kiobassa** siirtyi vuona 2010 toimintansa kasvaessa ja tehostuessa käyttämään makkarapakkauksissaan kutistekalvomenetelmää (kuva 35). Kiobassa siirtyi rotaatiokammiokoneesta Multivacin R-250 FormShrink-koneeseen. Menetelmässä käytetään voimakkaasti kutistuvia lämpömuovautuvia kalvoja, jotka kutistuvat tiiviisti tuotteen pintaan kuumennustunnelissa. Menetelmän avulla saadaan aikaan siisti, kuorta muistuttava pakkaus, joka myötäilee tuotteen muotoja. Menetelmän avulla voidaan vähentää käytettävän pakkausmateriaalin määrää. (Packaging Digest 2010)





**Kuva 35.** Kutistekalvomenetelmällä pakattu makkarapakkaus, Kiolbassa Sausage Co. (Packaging Digest 2010)

Yritys käyttää FormShrink-pakkauskoneessaan painettuja kalvoja, joissa on kohdistus sekä ylä- että alakalvoissa. Kalvo on suunniteltu yhteistyössä Multivacin kanssa ja se on optimoitu käytettäväälle koneelle. Kalvon rakenne on polyamidia ja barrierina toimii EVOH-kerros. Kalvon tärkeimpiä ominaisuuksia ovat alhainen ”kihartuminen”, voimakas kutistuminen ja erinomainen muotoutuminen tuotteen pintaan. Kalvon korkeiden barrier-ominaisuuksien ja erinomaisen puhkaisulujuuden ansiosta onnistuttiin myös pidentämään hyllyikää ja minimoimaan pakkausvauriot ja jätteen määrä jakelun aikana. R-250 käyttää kahta kalvoa pakkausten muodostamiseen. Kalvojen rakenne on sama, mutta pakkauskupin muodostavan alakalvon paksuus on 100 mikronia ja saumaavan yläkalvon paksuus on 50 mikronia. (Packaging Digest 2010)

## 9 TULOSTEN TARKASTELU

### 9.1 Ilmapussipakkaus-case

Tutkimuksen taustana oli ilmautuneiden pakkausten hyväksyttävää tasoa korkeampi määrä. Tutkimuksen perusteella nykyinen taso on linjojen 10 ja 20 tuotteilla 0,46 prosenttia, linjan 30 tuotteilla 0,37 prosenttia ja pakkauslinjan 40 tuotteilla 0,31 prosenttia.

Vikasyiden tutkinnan yhteydessä tuli ilmi muovatun kupin optimaalinen koko, jota esitetään tutkittavaksi jatkotoimenpiteenä. Pääasiassa kupin koon säätämisen tarvetta esiintyi suuremman pakkauskoon pakkauksilla. Kupin liian pieni koko saattaa aiheuttaa vekkien syntymistä tai tuotteen tai tuoteperäisen nesteen jäämistä sauman väliin. Yli kalvotason ulottuva tuoteannos voi myös vahingoittaa saumaustyökalua ja leikkauslaitetta. Kun vakuumi on kupista tyhjennettävään ilmamäärään nähden erittäin voimakas, kohdistuu tuotteeseen kova puristus, jonka myötä tuotteesta irtoavan nesteen määrä kasvaa. Tarpeettoman tiiviiksi imetty pakkaus myös jää ns. kiikkeräksi sen puristuessa jo hieman kaarelle. Kaareva pakkauksen profiili aiheuttaa tuotannossa ongelmia myös robotilla, jonka tartuntaelimet eivät saa napakasti kiinni pakkauksesta. Robotin ongelmat olivat seurantajaksojen perusteella usein toistuvia, mutta lyhytaikaisia. Toistumisen tiheyden vuoksi kokonaisuena robotin aiheuttamille tuotantokatkoille muodostuu todennäköisesti erityisesti sesonkiaikaan merkittäväksi. Tuotannon katkojen lisäksi liian matalaa pakkauskuppia syventämällä voitaisiin vähentää myös ilmapussipakkausten määrää vikasyiden vähentyessä sekä tuotteesta irtoavan nesteen määrää. Kuppien syvyyden muutosta viidellä millimetrillä voidaan suositella pakkausprosessin toimivuuden sekä pakkausten ja tuotteen laadun vuoksi. On kuitenkin huomattava, että muutoksen yhteydessä pakkaamon henkilökunnalla menee hetkellisesti enemmän aikaa tuotteiden asettelussa. Kun kupin kokoa muutetaan, niin annoskoon arviointi on hankalampaa ennen uuteen kupin syvyyteen tottumista. Voi siis myös suositella linjanopeuden laskemista kupin syvyyden muutoksen yhteyteen, kunnes uuden kupin asetteluun ja täyttöön palaa sama tuntuma, kuin edellisellä kupin syvyydellä. Syvempi kuppi voi johtaa tuotteiden ylimäärään pakkauksessa, joten tuotemäärän tarkistamiseen asettelussa menee enemmän aikaa.

Linjalla 10 merkittävin syy ilmapussipakkausten syntymiselle oli alakalvon kulma. Yleisesti alakalvon kulman oheneminen on syvävetomenetelmän tyypillinen ongelma ja sen poistamiseksi ehdotetaan tyypillisesti kalvopakisuuden nostamista. Linjoilla 10 ja 20 käytettävän Alakalvo-D -materiaalin kulmapaksuus on aiemmissa valmistajan tekemissä tutkimuksissa todettu riittäväksi. Kulmapaksuuden on raportoitu olevan 30 mikrometriä, joka on erittäin hyvä verraten yleisesti suositeltuun yli 20 mikrometrin arvoon. Samassa tutkimuksessa valmistaja on todennut materiaaliin jääneen nk. kylmänarpia, jotka johtuvat materiaalin epätasaisesta esilämmityksestä ennen muovausta. Valmistajan

arvion mukaan esilämmityksessä lämmityslevyn ja kalvomateriaalin väliin jää ilmaa, joka aiheuttaa epätasaisen lämpenemisen. Epätasainen lämmitys voi olla yksi syy siihen, miksi alakalvoon syntyy erityisesti suuremmilla pakkauksilla kulma-alueille pieniä reikiä. Materiaalin venyessä epätasaisesti, venyvät hyvin lämmenneet alueet materiaalista huonosti lämmenneitä alueita paremmin ja siten ohenevat enemmän. Riittävästä kulmapaksuudesta huolimatta ohuimmat kalvon kohdat ovat alttiimpia mekaaniselle rasitukselle. Mekaanisia rasituksia on todettu kohdistuvan pakkaukseen pakkauslinjalla muovausaseman muottien pohjasta sekä saumaustyökalun raapaisusta saumauksen yhteydessä. Jatkotoimenpiteenä ehdotetaan kuluvien osien, kuten alumiinisten muotin pohjien uusimista sekä saumaus- ja muovausasemien pinnoittamista kitkan vähentämiseksi niiltä alueilta, jotka ovat prosessin aikana kosketuksissa pakkauksen alakalvon kanssa.

Tuote 30:n pakkauksilla merkittävin pakkausvirhe oli vekki saumassa, joka johtui alakalvon pussittamisesta. Pussittamista aiheutti alakalvon liiallinen venyminen, jolloin liiaksi venynyt kupin osa jäi sauman väliin. Kupin liiallista venymistä vähennettiin laskemalla muovauslämpötilaa merkittävästi, mutta vekkejä pakkauksissa esiintyy edelleen. Jatkotoimenpiteeksi suositellaan pakkauslinjan 30 parametrien optimointia, sillä muovauslämpötilan laskeminen paransi tilannetta selvästi ja parametrien optimoinnilla voidaan todennäköisesti edelleen parantaa pakkausten laatua.

Pakkauslinjalla 40 pakkausvirheet jakautuivat tasaisesti, eikä selvää johtopäätöstä yleisimmästä syystä siten voitu tehdä. Muiden tuotteiden pakkauksiin verrattuna Tuote 40:n pakkauksilla esiintyi kuitenkin selvästi enemmän mekaanisia reikiä ylä- ja alakalvoissa. Nämä virheet eivät ole nähtävissä vielä tuotantovaiheessa, vaan mekaaniset reiät syntyvät vasta logistiikan käsittelyjen ja kuljetuksen aikana. Tuote 40:n polypropeenipohjainen kalvo näyttää siis kestävän mekaanisia rasituksia kuljetuksen ja varastoinnin aikana muita kalvoja heikommin.

Yhteenveto tutkimuksen merkittävimmistä pakkausvirheistä ja ehdotetuista jatkotoimenpiteistä on esitetty liitteessä 2.

## 9.2 Pakkausmateriaalien koeajo

Materiaalit kehittyvät jatkuvasti ja uudentuneilla materiaalirakenteilla voi hyvinkin olla osuus myös vakuumpakatuilla tuotteilla tulevaisuudessa. Mikäli muovautuvuutta halutaan parantaa ja materiaalin rajoja testata vielä pidemmälle, voidaan parempia tuloksia todennäköisesti saavuttaa hieman erilaisella konetyypillä. Koeajossa käytetyn pakkauskoneen esilämmitys tapahtuu ainoastaan yläpuolisella lämmityksellä ja muovauksessa käytetään ainoastaan yläpuolista painetta. Pakkauskoneella, jossa on sekä ylä- että alapuolinen esilämmitys ja sekä paineella että alipaineella tapahtuva muovaus, saadaan materiaalin muovautumista tuettua tasaisemmin. Näin voidaan päästä koeajetuilla materiaaleilla vielä parempiin tuloksiin. Koska koeajon materiaalit ovat

nykyisiä muovimateriaaleja paksumpia, on kaksipuolinen lämmitys tasaisen lämpenemisen ja siten paremman muovautumisen edellytys.

Lisäksi suositellaan lämmityslevyn tyypin vaihtoa, sillä pyramidipintainen levy jätti kuviointia materiaalin pintaan. Jatkossa ehdotetaan käytettäväksi sileäpintaista lämmityslevyä. Koeajetuista materiaaleista selvästi Alarata-B oli kehityksessä edempänä, joten sitä voidaan suositella myös mahdollisiin uusintakokeisiin, mikäli lisäkokeita halutaan eri tyypin pakkauskoneella tehdä.

Koeajetuista materiaaleista Alarata-A on vielä kehitteillä oleva tuote ja Alarata-B on jo kaupallinen tuote. Tämä näkyi ajon aikana selvästi tuotteen muovautuvuudessa ja ajon jälkeen pakkausten laadussa. Alarata-A -materiaalilla kerrosten välinen adheesio muovatussa tuotteessa oli heikko ja materiaalikerrokset delaminoituivat irti toisistaan. Lisäksi Alarata-B muotoutui huomattavasti paremmin tuotteen ympärille, jolloin pakkauksen sisään jäi vähemmän tyhjää tilaa. Tyhjän tilan minimointi tuotteen säilyvyyden kannalta on edellytys, sillä pakattavista tuotteista voi siirtyä vakumoinnin yhteydessä pakkaukseen nestettä, joka toimii tyhjässä tilassa bakteerien kasvualustana. Tiivis muotoutuminen tuotteen ympärille on siis pakkauksen kaupallistamisen edellytys.

Koeajossa normaalilla muovisella alakalvolla (Alakalvo-D) ja Ylärata-X -yläkalvolla havaittiin, että muotoutuminen tuotteen ympärille oli erinomainen ja saumaus tiivis. Saumauksen tiiviys tutkittiin myös mikroskooppikuvien avulla, joista voitiin todeta, että sauma on hyvä ja tiivis myös rakenteessa. Pakkausmateriaaliyhdistelmällä on siis teknisestä näkökulmasta kaikki edellytykset kuluttajapakkaustuotantoon. Ennen mahdollista tuotantoon saattamista on yhdistelmälle kuitenkin tehtävä vielä säilyvyystestit.

### 9.3 Pakkauskokovalikoima

Tutkimuksissa on todettu että pakkauksen pieni koko luo nykyisin mielikuvaa tuotteen laadusta korkeaa hintaa paremmin. Pakkauskoon pienentäminen on kyseisen tutkimuksen pohjalta siis sopiva keino korostaa erityisesti Premium-tuotteiden laatua. Pienien pakkauskokojen kysynnän on myös tutkimusten mukaan todettu lähivuosina kasvavan elämäntapojen ja sinkkotalouksien määrän kasvun myötä. Tulevaisuudessa pakkauskokovalikoiman tulee vastata näitä kuluttajien muuttuneita tarpeita.

Markkinoille on sekä Suomessa että muissa Euroopan maissa tuotu viime vuosina eri tuoteryhmissä jaettavia pakkauksia. Jaettavat pakkaukset yhdistävät suuren ja pienen pakkauskoon edut, sillä kuluttajan on mahdollista vasta kotona tehdä päätös siitä, miten suuren osan tuotteesta käyttää kerralla. Mikäli koko tuotetta ei käytetä kerralla, säilyy käyttämätön osa kylmäsäilytyksessä moitteettomana viimeiseen käyttöpäivään asti. Jaettava pakkaus säästää myös ympäristöä, sillä pidemmän säilyvyyden takaaminen

ylijäävälle tuotteelle lisää käyttökertojen mahdollisuuksia ja siten vähentää kotitalouksista kaatopaikalle joutuvan biojätteen määrää.

## 9.4 Tulevaisuuden pakkaus

Suuntaus pois päin öljyriippuvuudesta ja kiristyneet ympäristölait ovat saaneet valmistajat etsimään vaihtoehtoisia materiaaleja muovikalvoille. Materiaalitutkimusta tehdään paljon esimerkiksi biomateriaalien käytöstä. Biomateriaalipakkauksille on jo saavutettu riittävät barrier-ominaisuudet myös lihatuotteiden pakkaamiseen ja kaupallisia sovellutuksia on jo markkinoilla biohajoavina ja kompostoituvina. Biohajoavia pakkauksia valmistetaan esimerkiksi PLA:sta. Yhdessä nanomateriaalien kanssa biomateriaaleilta odotetaan tulevaisuudessa yhä monipuolistuvia käyttömahdollisuuksia. Biopohjaisten materiaalien kehitys on ehdottomasti seuraamisen arvoista, sillä niillä voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti korvata polymeeripohjaiset kalvomateriaalit.

Nykyelämän kiireellisyys ja ruokailutottumukset asettavat aivan uudenlaisia haasteita pakkaussuunnitteluun. Helppokäyttöisiä tuotteita ja on-the-go – tuotteita tuodaan markkinoille vastauksena modernin elämäntyylin vaatimuksiin. Euroopan eri maissa on nakkituotteita tuotu jo markkinoille snack-tuotteina ja nopeana lounaana. Nakkikuppi on helposti ja nopeasti nautittava tuoteannos, joka myös täyttää kriteerit, joiden mukaan pakkaus muodostaa itse tuotteen. Pakkaus kiinnittää kuluttajan huomion funktionaalisuudellaan. Koska Suomessa vastaavaa tuotetta ei vielä ole markkinoilla, erottuisi se ominaisuuksillaan muista tuotteista selvästi. On-the-go tuotteita ei Suomessa ole vielä markkinoilla ruokamakkaroiden tuoteryhmässä, pakkaus kiinnittäisi huomion jo ainutlaatuisuudellaan. Tämän vuoksi pakkaus itsessään muodostaa jo brändin, ja täyttää siten toisen kriteerin ”pakkaus on tuote” -arvioinnissa. Proteiinipitoiset lihajalosteet soveltuvat erinomaisesti on-the-go ja snack-tuotteiksi, joten tämän mahdollisuuden tarjoava pakkaus sallii myös tuotteen korkeamman hinnoittelun. Pakkaus on innovaationa hauska ja se erottuu ainutlaatuisuutensa vuoksi hyvin kaupan hyllyllä. Se herättää kuluttajan huomion, joten pakkaus mainostaa myös itse itseään.

Snack -nakkipakkauksia on markkinoilla myös stand-up pouch -ratkaisuna, joihin on lisätty uudelleensulkemisen mekanismi. Seisovien pussipakkausten käyttö eri pakkaussovellutuksissa on viime vuosina ollut selvässä kasvussa. Kasvuun on johtanut muiden muassa mahdollisuus funktionaalisuuden lisäämiseen. Pussipakkauksia on markkinoilla myös mikroaaltouunin kestävinä. Uudelleen sulkemisen mekanismi ja mahdollisuus lämmittää tuote mikroaaltouunissa luovat jo monifunktionaalisen, lisäarvoa tuovan ratkaisun, joka sallii kuluttajan tehdä enemmän päätöksiä tuotteen käyttötavasta. Tuote on mahdollista nauttia kylmänä kokonaan tai useissa osissa, tai lämmitettynä suoraan pakkauksesta. Pussimallinen pakkaus tarjoaa mahdollisuuden nauttia tuotteen snack-tyyppisesti suoraan pakkauksestaan, astioita ei erikseen tarvita.

Pussi on myös lapselle helppo tapa lämmittää tuote ja nauttia se välipalana tai osana ateriaa. Stand-up pouchin toinen etu löytyy sen markkinoinnillisesta arvosta. Merkittävin osa kuluttajien ostopäätöksistä tehdään kaupan käytävältä käsin, eikä hyllyn välittömään läheisyyteen aina ole suoraa pääsyä. Stand-up pouch voidaan asettaa kaupan hyllylle pystysuoraan tai ripustaa telineisiin, jolloin tuotteen näkyvyys paranee selvästi. Stand-up pouch luo mielikuvan hygieenisestä, käytännöllisestä ja uudenaikaisesta pakkauksesta, joka myös osaltaan on taustalla pakkaustyypin suosion jatkuvaan kasvuun. Pakkausratkaisu vetoaa tutkimuksen mukaan erityisesti alle 35-vuotiaisiin kuluttajiin. Koska seisovat pussipakkaukset ovat suojakaasuun pakattuja, voidaan niiden avulla myös vähentää nesteen irtoamista tuotteesta verraten perinteiseen vakuumpakkaukseen.

Seisovien pussipakkausten lisäksi erilaisia uudelleensulkemisen mekanisme on lisätty myös perinteisiin vakuumpakkauksiin, pussimallisiin vakuumpakkauksiin, rasiapakkauksiin ja kuppimallisiin pakkauksiin. Uudelleensuljennan etu on tuotteen pidempi säilyvyys avaamisen jälkeen, jolloin tuotetta on mahdollista käyttää useissa erissä tai vaikkapa matkustamisen aikana. Uudelleensuljennan mekanismeja ovat pussi- ja vakuumpakkauksilla erilaiset zipper-sulkimet. Näitä suljentamenetelmiä ovat perinteisestä Minigrip -pussista tuttu, puristamalla sulkeutuva kuja, sekä liukusuljentaan perustuvat mekanismit. Mielenkiintoinen uudelleensulkemisen mekanismi on myös Multivacin kehittämä Snap Lid -suljenta, jota käytetään rasiapakkauksilla. Ensimmäisen avaamiskerran yhteydessä kansi irtaantuu rasiasta peelaantumalla, mutta kansi napsahtaa painettaessa tiiviisti kiinni rasiassa muotoilun ansiosta. Kuppimallisissa nakkipakkauksissa uudelleensulkeminen tapahtuu myös paikalleen painettaessa napsahtavan kannen avulla. Esimerkiksi Iso-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan uudelleensuljettavien juustopakkausten myynti kasvoi vuosina 2009–2010 noin viisi prosenttia, kun vastaavasti ilman tätä ominaisuutta valmistettujen pakkausten myynti laski. Uudelleen sulkemisen mekanismit on suunniteltu aina myös helposti avattaviksi, joten nämä pakkaukset huomioivat myös kasvavan ikääntyvän väestön tarpeet.

Erilaisia aktiivisia ja älykkäitä pakkausmenetelmiä on kehitetty vastauksena elintarvikkeiden kasvaneisiin hygienia- ja turvallisuusvaatimuksiin. Hyllyiän pidentämisen tarve ja kuluttajien laatu- ja tietoisuuden kasvaminen ovat myös osaltaan johtaneet näiden menetelmien kehitykseen. Älykkäät pakkaukset kertovat sensorien avulla tuotteen laadusta niiden varastoinnin ja jakelun aikana. Yleisiä sovellutuksia ovat esimerkiksi aika-lämpötila -indikaattorit, joita voidaan lisätä pakkauksiin väriä muuttavina tarroina. Tarra osoittaa värin tummumisella tuotteen jäljellä olevan hyllyiän, kun aikaa pakkaamisesta kuluu. Tarran tummuminen tapahtuu sitä nopeammin, mitä korkeampi sen säilytyslämpötila on. Esimerkiksi Japanissa on myös markkinoilla ratkaisu, jossa viivakoodi on painettu tarran tummuvalle osalle. Kun tuote on pilaantunut, indikaattorin tumma väri peittää viivakoodin, eikä sitä enää voida lukea kaupan kassalla. Näin pilaantunutta tuotetta ei enää voida myydä, ja tuoteturvallisuus paranee huomattavasti.

Aktiivisista pakkauksista happisiepparit ovat lihatuotteiden näkökulmasta yksi mielenkiintoisimmista sovellutuksista. Happisieppareiden avulla on esimerkiksi tuorepastalla onnistuttu pidentämään tuotteensäilyvyysaikaa jopa 50 prosenttia. Happisieppareita voidaan käyttää joko erillisinä pakkauksen sisään laitettavilla pusseilla tai laminoimalla hapetta absorboiva kalvo näkymättömäksi osaksi pakkauskalvoa.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kasvavien tuoteturvallisuusvaatimusten lisäksi pakkausten laatua parantamalla ja hylättyjen pakkausten määrää vähentämällä voidaan saavuttaa vuositasolla merkittäviä kustannussäästöjä. Merkittävin osa kustannuksista koostuu kauppaan asti kuljetetuista viallisista pakkauksista, jolloin kustannuksia syntyy katemenetyksistä, tuotannon kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista, kuljetuksesta sekä kaupalle maksetuista hyvityksistä. Tehostamalla tuotannon ja pakkaamisen aikaista laadunvalvontaa voidaan viallisten pakkausten määrää vähentää estämällä virheellisten pakkausten pääsy logistiikkaketjussa eteenpäin. Tärkeimpänä menetelmänä on työntekijöiden laatu-tietoisuuden, tarvittavan teknisen ymmärryksen ja toiminnallisten mahdollisuuksien ymmärryksen kasvattaminen kouluttamisen keinoin. Myös erilaiset mittarit ovat konkreettinen tapa seurata ja kehittää laatua.

Teknisistä havainnoista tutkimisen ja korjaamisen arvoinen on yläkalvon esilämmityksen epätasaisuus, joka johtuu lämmityslevyn ja pakkauskalvon välissä olevasta ilmamäärästä ja aiheuttaa materiaalin epätasaisen ohenemisen syvävedon aikana. Muottien pintojen epätasaisuudet rikkovat epätasaisesti ohenneen materiaalin, joten muottien säännöllinen hiominen tai uusiminen on perusteltua ottaa osaksi kunnossapidon määräajoin tehtäviä huoltotoimia. Jatkotutkimus sauma-alueelle syntyvien vekkien vähentämiseksi on suositeltavaa, sillä vedit olivat merkittävin syy pakkausten hylkäämiseen tutkimusajana. Vekkien syntymisen yhtenä syynä todettiin olleen saumaustyökalun välitys, jolloin työkalun ja kalvojen liike saumauksen aikana jätti saumaan pienen taitoksen tai käytävän. Toinen merkittävä syy oli isolla pakkauskoolla liian tiivis kupin täyttö, joka vekkien lisäksi aiheutti kaarelle taittuvan pakkauksen. Epätasainen pakkauksen profiili pysäyttää tuotantoa lyhytaikaisesti, mutta säännöllisen tiheästi, sillä laatikoinnin robotin tartuntaelimet eivät saa otetta liian kaarevasta pakkauksesta ja robotille syntyy häiriö. Myös tuotteen jääminen sauma-alueelle on todennäköisempää, kun tuotteen asettumiselle on vähemmän tilaa. Lisäksi liikätäyttö kuormittaa tarpeettomasti pakkauskoneen laitteistoa. Syventämällä pakkauskuppia 5 millimetrillä, voidaan pakkausten laatuun ja tuotannon katkottomaan sujumiseen todennäköisesti vaikuttaa merkittävästi. Kooste merkittävimmistä pakkausvirheistä, jo tehdyistä toimenpiteistä ja jatkotoimenpide-ehdotuksista on liitteenä 2.

Pakkausmateriaalit kehittyvät jatkuvasti ja uudenlaisilla materiaalirakenteilla arvioidaan olevan tulevaisuudessa osuus myös vakuumpakatuilla tuotteilla. Tutkimuksen yhteydessä koeajetuista materiaaleista Alarata-B oli muovautuvuudeltaan Alarata-A -materiaalia parempi. Mikäli muovautuvuutta halutaan parantaa ja materiaalin rajoja testata vielä pidemmälle, voidaan parempia tuloksia todennäköisesti saavuttaa hieman erilaisella konetyypillä. Koeajossa käytetyn pakkauskoneen kalvon esilämmitys tapahtuu ainoastaan yläpuolisella lämmityksellä ja muovauksessa käytetään ainoastaan yläpuolista painetta. Pakkauskoneella, jossa on sekä ylä- että alapuolinen esilämmitys ja sekä paineella että alipaineella tapahtuva muovaus, saadaan materiaalin muovautumista



tuettua tasaisemmin. Näin voidaan päästä jo olemassa olevalla materiaalilla vielä parempiin tuloksiin. Koska koeajon materiaalit olivat tavallista paksumpia, on kaksipuolinen lämmitys tasaisen lämpenemisen ja siten paremman muovautumisen edellytys.

Lisäksi koeajetuille materiaaleille suositellaan lämmityslevyn tyyppin vaihtoa, sillä pyramidipintainen levy jätti kuviointia materiaalin pintaan. Jatkossa näillä materiaaleilla ehdotetaan käytettäväksi sileäpintaista lämmityslevyä. Koeajetuista materiaaleista Alarata-B:n ollessa kehityksessä edempänä, voidaan sitä suositella myös mahdollisiin uusintakokeisiin, mikäli lisäkokeita halutaan eri tyyppin pakkauskoneella tehdä.

Valmistaja-1:n Ylärata-X yhdessä muovisen alakalvon kanssa oli konetoimivuudeltaan ja silmämääräiseltä laadultaan erittäin hyvä. Jämäkemmän yläkalvon ansoista myös vekkiongelman väheneminen on mahdollista. Ylärata-X vaatii ennen tuotantoon ottamista vielä säilyvyystestit.

Pakkaustrendien kartoituksen perusteella pakkauksen funktionaalisuutta lisäämällä voidaan luoda kokonaan uusi tuote. Pienempi pakkauskoko soveltuu hyvin pakkaukseen, johon on eri ominaisuuksilla tuotu lisäarvoa. Esimerkiksi kuppimallisia snack-nakkipakkauksia on pakkauskokoluokassa 200–250 grammaa. Helposti avattava, uudelleen suljettava ja mukana kannettava stand-up pouch mallinen pakkaus on 280 gramman koollaan toinen esimerkki snack-pakkauksesta. Erään tutkimuksen mukaan pakkauksen pienellä koolla voidaan myös luoda erityisesti premium -tuotteilla mielikuvaa tuotteen korkeasta laadusta.

Stand-up pouch on eri materiaaleilla toimiva, useilla valmistajilla jo käytössä oleva pakkausratkaisu. Jaettavat pakkaukset ovat toinen erinomainen keino laajentaa pakkauskokojen tarjontaa. Jaettava pakkaus sallii kuluttajan tehdä päätöksen kerralla käyttämästään tuotemäärästä vasta kaupan jälkeen kotona, ja tämä ominaisuus lisää siten pakkauksen käytettävyyttä.

## LÄHTEET

Andersson, Caisa. 2008. New Ways to Enhance the Functionality of Paperboard by Surface Treatment -a Review. Karlstad University. Faculty of Technology and Science. Department of Chemical Engineering. 35 s.

Arora, Amit. Padua, G. W. 2009. Review: Nanocomposites in Food Packaging. THE Society for Food Science & Technology. s. 43–49.

Best in Packaging. 2009. The Evolution of the Stand-Up Pouch (Part 2). Saatavissa: [<http://bestinpackaging.com/2009/10/26/the-evolution-of-the-stand-up-pouch-part-2/>] Viitattu 30.4.2012.

Best in Packaging. 2011. February – Five New Packaging Innovations. Crisp sausages without water. Saatavissa: [<http://bestinpackaging.com/2011/02/28/february%E2%80%93five-new-packaging-innovations/>] Viitattu 7.4.2012.

Björkroth, K. Johanna. Korkeala, Hannu J. 1997. Microbiological Spoilage and Contamination of Vacuum-Packaged Cooked Sausages. Journal of Food Protection. Sivut 724–731.

Branding & Packaging. 2011. Protected Products. Saatavissa: [<http://bpando.org/2011/09/16/packaging-protected-products/>] Viitattu 22.4.2012.

Breizpack. 2012. Stand-up Pouches: Maximum Flexibility, Sustainability and Convenience. Saatavissa: [[http://www.breizpack.net/Flux\\_rss\\_de\\_l\\_emballage-860-0-0-0.html](http://www.breizpack.net/Flux_rss_de_l_emballage-860-0-0-0.html)] Viitattu 19.4.2012.

Brody, Aaron L. 2007. Van Nostrand's Scientific Encyclopedia. Food packaging; Flexible packaging. 36 s. Saatavissa: [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471743984.vse9363/pdf>] Viitattu 6.2.2012.

Bulpro. 2004. NATURALBOX XPLA Корита. Saatavissa: [<http://bulpro2004.com/catalog-bg-22.html>] Viitattu 10.4.2012

Calamusa, Dennis. 2005. Standup-Pouch Packaging -Providing Form, Function, Convenience and Success to re-invent your Strategy. ALLIEDFLEX Technologies, Inc Whitepaper. Saatavissa: [[http://www.idspackaging.com/common/paper/Paper\\_66/Standup-Pouch%20Packaging%20Providing%20Form,%20Function,%20Convenience%20and%20Success%20to. htm](http://www.idspackaging.com/common/paper/Paper_66/Standup-Pouch%20Packaging%20Providing%20Form,%20Function,%20Convenience%20and%20Success%20to. htm)] Viitattu 2.5.2012.

Ceepackaging. 2008. Recognition for Scan AB and Amcor PushPop. Saatavissa: [<http://www.ceepackaging.com/2008/03/20/recognition-for-scan-ab-and-amcor-pushpop/>] Viitattu 29.4.2012.

Chen, J. H. Ren, Y. Seow, J. Liu, T. Bang W.S. Yuk, H. G. 2012. Intervention Technologies for Ensuring Microbiological Safety of Meat: Current and Future Trends. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Institute of Food Technologists.

Design Taxi. Self-heating meals: No microwave needed. 2012. Saatavissa: [<http://designtaxi.com/news/351555/Self-Heating-Meals-No-Microwave-Needed/>] Viitattu 16.3.2012.

Duizer, L.M. Robertson, T. Han, J. 2008. Requirements for Packaging from an Ageing Consumer's Perspective. Packaging Technology and Science. s. 187–197.

Eilert, S. J. 2005. Meat Science. New packaging technologies for 21<sup>st</sup> century. 218 s.

Envapack. 2011. New Packages For Choosy Consumers. Saatavissa: [<http://www.envapack.com/new-packages-for-choosy-consumers/>] Viitattu 7.4.2012.

Espoon paineilma Oy. Vetyanalysaattori H2000 käyttöopas. 39 s.

Evtek. Elintarvikepakkausmateriaalit. Saatavissa: [[nww.evtek.fi/n/penttiv/pakkaus/elintarv2.doc](http://www.evtek.fi/n/penttiv/pakkaus/elintarv2.doc)] Viitattu: 21.2.2012.

EY N:o1935/2004. 27.10.2004. Asetus elintarvikkeen kanssa kosketuksiin joutuvista materiaaleista. Saatavissa: [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:fi:PDF>] Viitattu 2.12.2011.

Finlex. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös makkaran koostumuksesta ja pakkausmerkinnöistä. Saatavissa: [<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960139>]. Viitattu 17.1.2012.

Gralex. 2012. Technical articles. Thermoformed Paperboard Coatings. Saatavissa: [<http://www.gralex.com/technical-articles/thermoformed-paperboard.html>] Viitattu 7.2.2012.

Greener Package. 2011a. Smoked meat packaging reduces lactam pollution. Saatavissa: [[http://www.greenerpackage.com/material\\_health/smoked\\_meat\\_packaging\\_reduces\\_lactam\\_pollution](http://www.greenerpackage.com/material_health/smoked_meat_packaging_reduces_lactam_pollution)] Viitattu 5.4.2012.

Greener Package 2011b. Smaller slider clip meets bacon brand's convenience, sustainability goals. Saatavissa: [[http://www.greenerpackage.com/source\\_reduction/smaller\\_slider\\_clip\\_meets\\_bacon\\_brand%E2%80%99s\\_convenience\\_sustainability\\_goals](http://www.greenerpackage.com/source_reduction/smaller_slider_clip_meets_bacon_brand%E2%80%99s_convenience_sustainability_goals)] Viitattu 4.4.2012.

- Greener Package. 2010. Thermoformed paper for lunch meat packs. Saatavissa: [[http://www.greenerpackage.com/renewable\\_resources/thermoformed\\_paper\\_lunch\\_meat\\_packs](http://www.greenerpackage.com/renewable_resources/thermoformed_paper_lunch_meat_packs)] Viitattu 7.2.2012.
- Hatzigrigoriou, N. B. Papaspyrides, C. D. 2011. Nanotechnology in Plastic Food-Contact Materials. Laboratory of Polymer Technology. School of Chemical Engineering. National Technical University of Athens.
- Herrmann, Thomas. Hueber Robert. 2009. Plastics in packaging. Ultrasonic boom. Sayers Publishing Group. 25 s.
- Hietanen, Timo. 1995. Pro Gradu – tutkielma: Vakuumpakaton keittomakkaran jälkipastörinti. Jälkipastörinti vakuumpakaton keittomakkaran mikrobiologisen laadun parantajana. Elintarviketeknologian laitos. Helsingin Yliopisto. 89 s.
- Hotcan. How it Works. 2012. Saatavissa: [<http://www.hotcan.com/about-hotcan/how-it-works/>] Viitattu 15.3.2012.
- Hulkkonen, Veli. Tyhjiötekniikka – vuodonetsintä. FLUID klinikka no 17. 2007. 8 s. Saatavissa: [<http://www.fluidfinland.fi/content/download/240/1436/file/vuodonetsinta>] Viitattu 2.1.2012.
- Höök, Tuula. Polymeerimateriaalit. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [[www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould\\_injmoulding\\_materials\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf)] Viitattu 8.1.2012.
- Industry Search Australia & NZ. Rugged Industrial Leak Detection. Saatavissa: [<http://www.industrysearch.com.au/Products/Rugged-Industrial-Leak-Detection-43504>] Viitattu 7.2.2012.
- Järvi-Kääriäinen, Terhen. Ollila, Margareetta. Toimiva pakkaus. Helsinki 2007. Pakkausteknologia – PTR ry. 313 s.
- Kerry, J.P. Kerry, J.F. 2011. Processed meats -Improving Safety, Nutrition and quality. Woodhead Publishing. 705 s.
- Kerry, J.P. O'Grady, M.N. Hogan, S.A. 2006. Meat Science. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. s. 113–130.
- Klöckner pentaplast. Thermoforming -Troubleshooting. 2012. Saatavissa: [<http://www.kpfilms.com/en/advantage/thermoforming.asp>] Viitattu 26.1.2012.
- Lagaron, Jose M. Lopez-Rubio, Amparo. 2011. Nanotechnology for bioplastics: opportunities, challenges and strategies. Trends in food Science and Technology. Pages 611–617. Novel Materials and Nanotechnology Group, Spain.

Lestelä, Iris. 2009. Nanoteknologia ja elintarvikkeet. Evira riskinarviointiyksikkö. 79 s. Saatavissa: [[http://www.evira.fi/files/attachments/fi/elintarvikkeet/valmistus\\_ja\\_myynti/tuotantotapoja/nanoteknologia\\_ja\\_elintarvikkeet\\_26112009.pdf](http://www.evira.fi/files/attachments/fi/elintarvikkeet/valmistus_ja_myynti/tuotantotapoja/nanoteknologia_ja_elintarvikkeet_26112009.pdf)] Viitattu 12.3.2012.

Lihateollisuusopisto. 2010a. Koulutuspalvelut. Laadukas Lihatuote 2. 26 s. Saatavissa: [[http://aikolainen.pkky.fi/~riistahanke/wb/modules/download\\_gallery/dlc.php?file=76](http://aikolainen.pkky.fi/~riistahanke/wb/modules/download_gallery/dlc.php?file=76)] Viitattu 10.2.2012.

Lihateollisuusopisto. 2010b. Koulutuspalvelut. Laadukas Lihatuote 1. 31 s. Saatavissa: [[http://aikolainen.pkky.fi/~riistahanke/wb/modules/download\\_gallery/dlc.php?file=75](http://aikolainen.pkky.fi/~riistahanke/wb/modules/download_gallery/dlc.php?file=75)] Viitattu 10.02.2012

Marsh, Kenneth. Bugusu, Betty. 2007. Scientific Status Summary. Food packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues. Institute of Food Technologists.

Matbase. 2012. Ciba OnVu smart packaging has time-temperature indicators. Saatavissa: [[http://www.matbase.com/Ciba\\_OnVu\\_smart\\_packaging\\_has\\_time-temperature\\_indicators](http://www.matbase.com/Ciba_OnVu_smart_packaging_has_time-temperature_indicators)] Viitattu 4.4.2012.

Mathur, Sameer. Qiu, Chun. 2012. Single Package Size as a Signal of Quality: Theory and evidence. Desautels Faculty of Management. MacGill University. Montreal, Kanada.

Multivac. 2008. Clean & clever. The advanced Thermoformer Generation. The new standard for hygiene, performance and process reliability. Saatavissa: [<http://www.multivac.com/fileadmin/multivac/en/pdf/download/thermoformer-range-en.pdf>] Viitattu 26.12.2011.

Multivac. 2009. The new standard for hygiene, performance, and process reliability. Clean & Clever. The R 535. Saatavissa: [<http://us.multivac.com/fileadmin/multivac/en/pdf/download/r-535-en.pdf>] Viitattu 15.2.2012.

Multivac. 2012. Reclosure systems: Snap lid. Saatavissa: [[http://us.multivac.com/packaging-solutions/packaging-technologies-features/packaging-features/reclosure-systems/examples/snap-lid-7.html?no\\_cache=1](http://us.multivac.com/packaging-solutions/packaging-technologies-features/packaging-features/reclosure-systems/examples/snap-lid-7.html?no_cache=1)] Viitattu 2.4.2012

Multivac, Pekka Mattila. Haastattelu 30.1.2012.

Next Nature. 2009. Saatavissa: [<http://www.nextnature.net/2009/09/freshness-label/>] Viitattu 7.4.2012.

Nielsen 2012a. Kuluttajaneeli. Avain kuluttajien ostokäyttäytymisen ymmärtämiseen. Saatavissa: [<http://fi.nielsen.com/products/cps.shtml>] Viitattu 6.1.2012.

Nielsen 2012b. Tietoa vähittäiskaupan tutkimuksista. Ostamisen kokonaisnäkymä sekä perinteisissä että nousevissa jälleenmyyntikanavissa. Saatavissa: [http://fi.nielsen.com/products/rms\_market.shtml] Viitattu 6.1.2012.

Packaging Design Archive. 2011. Saatavissa: [http://www.packagingdesignarchive.org/archive/pack\_details/1999-sausage-dog] Viitattu 17.4.2012.

Packaging Digest 2002. Anything is possible in plastic. Saatavissa: [http://www.packagingdigest.com/article/343821-Anything\_is\_possible\_in\_plastic.php] Viitattu 26.4.2012.

Packaging Digest. 2010. Switch to shrink-film packaging pays big for sausage maker. Saatavissa: [http://www.packagingdigest.com/article/509782-Switch\_to\_shrink\_film\_packaging\_pays\_big\_for\_sausage\_maker.php] Viitattu 31.3.2012.

Packaging Europe. 2008. Sophisticated packaging solution for hearty sausage snacks. Saatavissa: [http://www.packagingeurope.com/NewsDetails.aspx?nNewsId=26615] Viitattu 16.3.2012.

Packaging Europe 2012a. Nicholl adds compostable vacuum pouches to portfolio. Saatavissa: [http://www.packagingeurope.com/Packaging-Europe-Articles/520/Nicholl-adds-compostable-vacuum-pouches-to--portfolio.html] Viitattu 9.4.2012.

Packaging Europe 2012b. Traditional sausages in modern packaging: Metten chooses PermaSafe by Weidenhammer. Saatavissa: [http://www.packagingeurope.com/Packaging-Europe-News/46246/Traditional-sausages-in-modern-packaging-Metten-chooses-PermaSafe-by-Weidenhammer.html] Viitattu 18.04.2012.

Packaging-Matters. 2010. Say cheese! Saatavissa: [http://packaging-matters.blogspot.com/2010/06/say-cheese.html] Viitattu 10.4.2012.

Packaging of the World: Creative Package Design Archive and Gallery. 2009. Aidells Sausage. Saatavissa: [http://www.packagingoftheworld.com/2009/08/aidells-sausage.html] Viitattu 14.4.2012.

Packaging of the World: Creative Package Design Archive and Gallery. 2010. Hellers. Saatavissa: [http://www.packagingoftheworld.com/2010/12/hellers.html] Viitattu 14.4.2012.

Packaging World. 2008. More consumer-convenient, eco-friendly Rotisserie chicken packaging. Saatavissa: [http://www.packworld.com/package-type/thermoformed-packaging/more-consumer-convenient-eco-friendly-rotisserie-chicken] Viitattu 15.4.2012.

Packaging World. 2012. Breakthrough in meat packaging. Saatavissa: [http://www.packworld.com/applications/food/breakthrough-meat-packaging-0] Viitattu 15.4.2012.

Palram support. Thermoforming: Vaccum-forming. 2012. Saatavissa: [http://www.palram.com/htmls/print\_article.aspx?c0=13363&bsp=12984] Viitattu 26.1.2012.

Parjanen, Jukka-Pekka – Torssonen, Sanna. 2009. Kestävän kehityksen mukaiset materiaalit pakkausteollisuudelle. Teknologiakeskus Ketek Oy. Saatavissa: [http://www.ketek.fi/oske/materiaalit\_pakkausteoll\_Loppuraportti\_29012010.pdf] Viitattu 10.2.2012.

Peters, James W. 2004. Packaging's Fifth Function – The Package Is the Product. 15 s. Saatavissa: [https://www.packagingconnections.com/downloads/download37\_0.pdf] Viitattu 7.3.2012.

Plastics today. Thermoformable paper shoves PVC out the door of major retailer. Saatavissa: [http://www.plasticstoday.com/mpw/articles/packaging-thermoform-paper-replaces-pvc-marks-and-spencer] Viitattu 7.2.2012.

Polymerbooks. 2011. Saatavissa: [http://polymerbooks.blogspot.com/2011/08/thermoforming.html] Viitattu 26.1.2012.

Revipack. 2011. Packaging news on line. Microwavable flexible packs. Saatavissa: [http://revipackonline.wordpress.com/2011/11/11/microwavable-flexible-packs/] Viitattu 1.4.2011.

Rioux, Bernard. 2011. Taking the Next Step to Reduce Flexible packaging Waste and Cost. 6 s. Saatavissa: [http://www2.dupont.com/Packaging\_Resins/en\_US/assets/downloads/Interpack\_2011/Next\_Step\_to\_Reduce\_Flexible\_Packaging\_Waste\_122010\_FINAL.pdf] Viitattu 7.2.2012.

Rundh, Bo. 2009. Emerald Article: Packaging design: creating competitive advantage with product packaging. British food Journal. Vol. 111. s. 988-1002.

Ruokatieto Yhdistys ry. 2011. Saatavissa: [http://www.ruokatieto.fi/Suomeksi/Liha/Lihasta\_tuotteiksi/Pakkaaminen] Viitattu 11.1.2012.

Ruokatieto Yhdistys ry. 2011. Saatavissa: [http://opetus.ruokatieto.fi/WebRoot/1043190/sisaltosivu.aspx?id=1072220] Viitattu 22.12.2011.

Singh, Preeti. Wani, Ali Babas. Saengerlaub, Sven. 2011. Nutrition & Food science. Vol. 41. Emerald Article: Active packaging of food products: recent trends. s. 249-260.

Scheirs, John. 2011. Fluoropolymers – Technology, Markets and Trends. Smithers Rapra Technology.

Sustainable is Good. 2008. Coopbox NaturalBox PLA Fresh Food Packaging. Saatavissa: [<http://www.sustainableisgood.com/blog/2008/07/>] Viitattu 10.4.2012.

Südpack. 2011. Südpack customer awarded WorldStar Award 2010. Saatavissa: [[http://www.suedpack.com/en/company/press/press-detail/?no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=37&cHash=a6c46be0ded23a985203acda7b8c4303](http://www.suedpack.com/en/company/press/press-detail/?no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=37&cHash=a6c46be0ded23a985203acda7b8c4303)] Viitattu 15.4.2012.

The Bulletin. 2012. More foods going to pouch packaging. Saatavissa: [<http://www.bendbulletin.com/article/20120318/NEWS0107/203180321/>] Viitattu 19.4.2012.

The Food & Drink Innovation Network. 2010. Milk link launches new ‘grip strip’ cheese packaging. Saatavissa: [<http://www.fdin.org.uk/2010/06/milk-link-launches-new-grip-strip-cheese-packaging/>] Viitattu 10.4.2012.

Throne, James L. 2002. Encyclopedia of Polymer Science and technology. Thermoforming. Wiley.

Turku Science Park Oy. 2011. Markkinaselvitys Ruotsin elintarvikemarkkinoista. Saatavissa: [[http://fff.utu.fi/ajankohtaista/20111110\\_vie\\_alaka\\_vikise/Ruotsin\\_elintarvikemarkkina-analyysi\\_10.5.2011.pdf](http://fff.utu.fi/ajankohtaista/20111110_vie_alaka_vikise/Ruotsin_elintarvikemarkkina-analyysi_10.5.2011.pdf)] Viitattu 2.4.2012.

TTY, Tampereen teknillinen yliopisto. 2009. Polymeerimateriaalien perusteet. Saatavissa: [[https://www.tut.fi/ms/muo/polyko/materiaalit/TTY/Perus/PPDF/Polymeerimateriaalienperusteet\\_30\\_1\\_2009.pdf](https://www.tut.fi/ms/muo/polyko/materiaalit/TTY/Perus/PPDF/Polymeerimateriaalienperusteet_30_1_2009.pdf)] Viitattu 12.2.2012. 140 s.

United States Patent US 8,028,503 B2. Method and system for ultrasonic sealing of food product packaging. Capodieci Roberto A., Glen Ellyn, IL (US). 12/031,247. 14.2.2008. 25 s.

Wezemaël, Lynn Van – Ueland, Øydis – Verbeke, Wim. 2011. Meat Science. European consumer response to packaging technologies for improved beef safety.

Yli-Hemminki, Markus. 2010a. Lihateollisuusopisto. Materiaalina Liha. Osa 14 - keittomakkarat. Saatavissa: [[http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA\\_Osa14.pdf](http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA_Osa14.pdf)] Viitattu 17.1.2012.

Yli-Hemminki, Markus 2010b. Lihateollisuusopisto. Materiaalina Liha. Osa 19 – Lihatuotteiden pakkaaminen. Saatavissa: [[http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA\\_Osa19.pdf](http://materiaalinaliha.net/images/stories/JUTTUSARJA/MateriaalinaLIHA_Osa19.pdf)] Viitattu 17.1.2012.



## LIITE 1: KERÄILYMÄÄRIEN VERTAILU

LINJAT 10 JA 20	joulukuun otos	tammikuun otos	helmikuun otos		
Tuotenimi	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %		
R1+	0,22	0,82	0,1		
Q1+	0,09	0,88	0,04		
S1	0,01	0,08	0,01		
S2	0,25	0,68	0,17		
S3	0,13	1,04	-		korjaus-
R3+	0,43	1,11	0,91	ka.	kerr. 1,15
ka.	0,19	0,77	0,25	0,4	<b>0,46</b>
LINJA 30	joulukuun otos	tammikuun otos	helmikuun otos		
Tuotenimi	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %		
P1	0,12	0,65	0,1		
P1+	0,18	0,58	-		korjaus-
P2	0,19	0,91	-	ka.	kerr. 1,15
ka.	0,16	0,71	0,1	0,32	<b>0,37</b>
LINJA 40	joulukuun otos	tammikuun otos	helmikuun otos		
Tuotenimi	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %	Ilmapussi-pakkauksia, %		
T3	0,15	0,38	-		
T1	0,05	0,35	0,05		
T2	0,06	0,16	-		korjaus-
T1+	0,21	(10,8)	-	ka.	kerr. 1,15
ka.	0,47	0,30	0,05	0,27	<b>0,31</b>

## LIITE 2: PAKKAUSVIRHEKOOSTE

PAKKAUSVIRHE	VIRHEEN SYY	TEHDYT TOIMENPITEET	VAIKUTUS	JATKOTOIMENPITEET
Alakalvon kulma (Linja 10)	-Esilämmityksen epätasaisuus, liian korkea lämpötila ja pitkä lämmitysaika (iso pakk.) -Muotin pohjien epätasaisuudet, saumaustyökalun nirhaisu	Lämpömuovauksen muottien pohjien hiominen	Ongelman väheneminen	-Esilämmityksen säätö -Ajoparametrien optimointi -Muottien pinnoitus -Muottien säännöllinen hiominen -Huolellisuus muottien käsittelyssä ja säilytyksessä
Vekki saumassa	-Saumaustyökalun vällys (Linja 20) -Liian matala kuppi (iso pakk.) -Liian korkea muovauslämpötila (P-tuotteet, Linja 20 iso pakk.)	-Saumaustyökalun uudet osat tilattu (Linja 20) -muovauslämpötilaa laskettu (P-tuotteet)	P-tuotteilla ongelman väheneminen	-Saumaustyökalun uusien osien asentaminen (Linja 20) -Kupin koon optimointi (iso pakk.) -Ajoparametrien optimointi (P-tuote)
Tuotetta saumassa	-Epätasainen ladonta / asettelu -Liian matala pakkauskuppi -Laadunvalvonnan katkot	-Laadunvalvonnan tietopaketti -Suojapellin asennon muutos	-Suojaletti: ongelman väheneminen	-Pakkauskupin koon optimointi (iso) -Laadunvalvonnan tehostaminen
Mekaaninen reikä kalvossa	Mekaaniset rasitukset logistiikan aikana (T-tuotteet)	-	-	Vaihtoehtoiset pakkausmateriaalit
Saumaustekninen vika	-Laitteiston likaantuminen -Tuoteperäinen neste pakkauslinjalla -Saumauslevyn vastuksen palaminen	-Saumaustyökalun puhdistus -Tuoteperäisen nesteen ohjaus pois linjalta -Vastusten vaihto	Ongelman väheneminen	Saumaustyökalun puhdistus osaksi säännöllistä huoltoa
Reunanauhaa pakkauksessa	Reunanauhan katkeaminen ajon aikana	-Laadunvalvonnan tietopaketti	-	Toiminnallisten asioiden kehittäminen